This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

TR
850
L56
1911

Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

UC-NRLF
$B 244 417

H. Lehmann

Die Kinematographie

ihre Grundlagen und ihre Anwendungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig

MB 69031

Ein vollständiges Verzeichnis
und Geisteswelt" befindet sich

Digitized by Google

2756

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt"

verd… einer bedeut-
sam… rem Teil der
unse… en Gefahr be-
gegr… weitere Kreise
zu … n Gelegenheit
biet… bleiben. Der
Gef… m sie nicht in
der … en oder etwa
gar … ndern darin,
dem … derne Wissen-
scha… einstem Inter-
esse … ständigen Ur-
teil … zu befähigen.

…daß alle Welt
sich … hilosophischen
Stud… der an einem
Pun… n Lebens ge-
win… bgeschlossenen
Schr… n voller An-
scha…

habe… ten Aufgaben
die … n Anfang an
spro… r Erfolg ent-
liege… Auflagen vor-
könn… racht werden
stere… Sammlungen
sehr … ufwendungen
und … eu bearbeitet

…de durchaus
geeig… zu gewöhnen,
einer… licher Bedürf-
niss… ung geistiger
anzu… es tatsächlich
jeder… ek zu schaffen,
die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Die meist reich illustrierten Bändchen sind
in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Ausführlicher illustrierter Katalog unentgeltlich.

Leipzig. B. G. Teubner.

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

Digitized by Google

AMSTERDAM

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt
mlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
358. Bändchen

Die Kinematographie

ihre Grundlagen und ihre Anwendungen

Von

Dr. H. Lehmann
Physiker am Zeißwerk in Jena

Mit 69 zum Teil neuen
Abbildungen im Text und
auf 2 Tafeln

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1911

Digitized by Google

Copyright 1911 by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Digitized by Google

TR850
L56
1911

Vorwort.

In dem vorliegenden Buche ist die Kinematographie zum erstenmale für einen weiteren Leserkreis als philosophisches und psychologisches Problem behandelt worden: sie wird zunächst vom Gesichtspunkte einer teilweise neuen Systematik aus beleuchtet. Das Wesen der Kinematographie ergibt sich aus einem historischen Überblick. Sodann werden ihre psychologischen und physiologischen Grundlagen nach den neuesten Forschungen dargestellt: die Kinematographie ist als eine Identifikationstäuschung aufzufassen, während, ganz im Gegensatz zur bisherigen Auffassung, die rein physiologischen Momente nur unterstützenden Charakter haben. — Die technischen Grundlagen erfahren dadurch eine wesentlich erweiterte Behandlung als bisher, daß aus den genannten Forschungsresultaten die Theorie der zur Zeit gebräuchlichen Kinematographenapparate abgeleitet wird und daß ferner auch die Konstruktionen mit kontinuierlicher Filmbandbewegung eingehend erörtert werden. Im Abschnitt über die Anwendungen der Kinematographie sind besonders ausführlich und an der Hand sehr schöner Aufnahmebeispiele die Forschungsresultate über den Flug der Insekten und Geschosse, sowie über die Wirkung letzterer dargestellt worden.

Das ist in groben Umrissen das Neue, was das Buch bringt. Im übrigen lehnt es sich an die bestehende Literatur an. Es konnten daher auch eine ganze Reihe bekannter Abbildungen mit übernommen werden, wofür ich folgenden Autoren zugleich im Namen der Herren Verleger meinen verbindlichsten Dank ausspreche, nämlich den Herren: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Cranz, F. Paul Liesegang, K. W. Wolf-Czapek, der Firma H. Ernemann, sowie den Herren Professoren vom photophysiologischen Institut zu Paris, J. Athanasiu, L. Bull und J. Carvallo.

Jena, im August 1911.

H. Lehmann.

M363638

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Erstes Kapitel: Die Stellung der Kinematographie unter den Erfindungen; ein Beitrag zur Systematik der Erfindungen 1—6

Zweites Kapitel: Das Prinzip und die Wirkungsweise des kinematographischen Apparates; ein historischer Überblick . 6—15

Drittes Kapitel: Die psychologischen und physiologischen Grundlagen der Kinematographie . . . . . 15—54

Das Problem des Sehens von Bewegungen und die stroboskopischen Erscheinungen als Täuschung des Identitätsbewußtseins (Theorie von P. Linke) 16. — Nachbildphänomen und stroboskopische Täuschung 19. — Die Theorie der Flimmererscheinungen bei Apparaten mit ruckweise bewegtem Filmband 25. — Das „unechte" Flimmern 38. — Zur Theorie der vorgetäuschten „falschen" Bewegungen 39. — Die Kinematographie in natürlichen Farben 43. — Das Flimmern infolge des Wettstreites der Farben 45. — Die stereoskopische Kinematographie 48.

Viertes Kapitel: Die technischen Grundlagen der Kinematographie . . . . . 54—87

Das Filmband 55. — Die Mechanismen für ruckweise Filmbewegung 57. — Das Malteserkreuz 58. — Der Schläger 60. — Der Greifer 61. — Die Reibungsscheibe 62. — Die Apparate mit kontinuierlicher Filmbewegung 63; scheinbare Aufhebung der Filmbewegung durch Bewegung des Objektives 63. Oszillierende Ablenkungsprismen 65. — Rotierende Planparallelplatte 66. — Oszillierende oder rotierende Spiegel 67. — Der kinematographische Aufnahmeapparat 69. — Der kinematographische Projektionsapparat 76. — Der kinematographische Universalapparat 81. — Die neue Projektionswand 83.

Fünftes Kapitel: Die Anwendungen der Kinematographie 87—117

Die Kinematographie als Demonstrationsmittel 87. — Das kinematographische Drama 88. — Die Trickfilms 89. — Die belehrenden Films (Geographie, Naturkunde, Technik, Medizin) 92. — Das Tonbild 93. — Der kinematographische Panoramaapparat 94. — Die Kinematographie als Hilfsmittel in der wissenschaftlichen Forschung 95. — Mittels Apparaten mit normaler Bildfrequenz: — Botanik 95; — Biologie; die kinematographische Mikroskopie und das Ultramikroskop 96; — Physiologie der Bewegungen 99; — Kinematographische Röntgenaufnahmen 101; — Physik und Technik 102; — Analysierung sehr rascher Bewegungen: — Der Vogelflug 103; — Der Insektenflug 104; — Die ballistische Kinematographie 108.

Digitized by Google

Erstes Kapitel.

Die Stellung der Kinematographie unter den Erfindungen; ein Beitrag zur Systematik der Erfindungen.

Der englische Philosoph Herbert Spencer teilte die Erfindungen von Apparaten und Instrumenten in zwei Gruppen ein. Die erste Gruppe umfaßt diejenigen Erfindungen, welche eine Erweiterung unserer Sinne bedeuten. Hierher gehören z. B. folgende Apparate: Die Wage, welche uns Gewichtsunterschiede anzugeben vermag, die ein Zweimillionstel des Gewichtes eines etwa 1 kg schweren Körpers betragen, während wir durch Abwägen in der bloßen Hand nur auf etwa $^1/_{10}$ kommen; das Barometer, welches sehr geringe Druckschwankungen der Luft anzeigt, die wir an unserem Körper nur in sehr grobem Maße, etwa bei Bergbesteigungen, merken; das (elektrische) Thermometer, welches Temperaturunterschiede bis zu einem Millionstel Grad herab angibt, während wir mit unserem Tastsinn eine Genauigkeit von höchstens $^1/_5$ Grad erreichen, und das auch nur innerhalb eines relativ beschränkten Temperaturintervalles von etwa 20 bis 40 Grad Celsius; ferner das Mikroskop und das Fernrohr, welche Apparate uns Kunde geben von der Existenz von Körpern, die wir wegen ihrer geringen Größe oder wegen ihrer großen Entfernung mit „unbewaffnetem" Auge überhaupt nicht mehr wahrnehmen können. Endlich, als letztes Beispiel, gestattet uns das Spektroskop die kosmische Geschwindigkeit der Fixsterne in der Sehrichtung nicht nur festzustellen, sondern sogar ziemlich genau zu messen, während wir mit bloßem Auge nicht einmal an einem entfernten irdischen Körper feststellen können, ob er sich auf uns zu- oder von uns wegbewegt. Zugleich aber gibt uns das Spektroskop Kenntnis nicht nur von der chemischen, sondern auch von der physikalischen Zusammensetzung des Fixsternes. Durch das Spektroskop wird also unser Blick in dreifacher Weise geschärft.

Jeder der genannten Apparate kann also als eine unter Umständen ganz erhebliche Erweiterung oder Verfeinerung irgend eines

Digitized by Google

unserer Sinnesorgane nach einer oder mehreren ganz bestimmten Richtungen hin gelten. Im allgemeinen besteht also diese Erweiterung unserer Sinne darin, daß die Apparate der oben beschriebenen Art uns einerseits sehr kleine Wirkungen von Kräften, andererseits sehr kleine Änderungen von Wirkungen einer Kraft erkennen und messen lassen; oder, wie der technische Ausdruck lautet: Durch Anwendung dieser Apparate wird die Reizschwelle und die Verhältnisschwelle unserer Empfindungen herabgedrückt.

In diese Gruppe gehört aber noch eine andere Art von Apparaten, nämlich diejenigen, welche uns Kenntnis vermitteln von der Existenz solcher Kräfte, für deren direkte Wirkungen wir überhaupt keine Sinnesorgane besitzen. Es sind dies eine Anzahl hauptsächlich magnetischer und elektrischer Apparate, ferner Apparate zur Untersuchung unsichtbarer Strahlungen, also z. B. der Kompaß, welcher die Richtungen der erdmagnetischen Kraftlinien angibt; das Galvanometer, mit dem wir äußerst schwache elektrische Ströme nachweisen und messen können, wie sie z. B. in unseren Muskeln entstehen; ferner der Spektrograph, mit welchem wir ultrarote oder ultraviolette Strahlungen nachweisen können, die auf unser Auge nicht mehr einwirken.

Die zweite Gruppe enthält diejenigen Instrumente, welche Spencer als Erweiterung unserer Gliedmaßen bezeichnet. Hierher gehören z. B. das Messer, welches als Erweiterung etwa unserer Fingernägel oder unserer Zähne anzusehen ist; der Hebel oder Hebebaum, das Brecheisen, welche Instrumente als Erweiterungen unseres Armes gelten können; ferner der Hammer, welcher eine Erweiterung der Faust darstellt; kurz alle Werkzeuge und eigentliche Maschinen.

Die genannte Einteilung gab Spencer im Jahre 1855. In dem seither verflossenen halben Jahrhundert nun sind eine größere Anzahl neuer wichtiger Erfindungen und Entdeckungen gemacht worden, welche sich unschwer dem Spencerschen System einreihen lassen, z. B. die Apparate zur Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen, welche unseren Blick zur Durchdringung undurchsichtiger Körper schärfen; ferner die Flugmaschinen, welche dem Menschen die Fähigkeit verleihen, den Vögeln gleich die Luft zu durchsegeln, und anderes mehr. Eine Reihe dieser neuen Erfindungen jedoch läßt sich nicht ungezwungen den Spencerschen Gruppen einordnen, und man wird deshalb gut tun, eine neue Gruppe zu schaffen. Die Definition

Digitized by Google

der neuen Gruppe wird man am besten aus einigen praktischen Beispielen ersehen; es gehören hierher folgende Erfindungen: Der Phonograph, das Grammophon, die photographische Kamera (auch für Farbenphotographie), alle Pressen für Buchdruck, das Stroboskop, der Kinematographenapparat, das Bioskop; ferner der Telegraph, der Apparat für Fernphotographie, das Telephon, und schließlich alle mechanischen Automaten und automatisch arbeitenden Maschinen. Aus dieser Zusammensetzung geht hervor, daß die neue Gruppe alle diejenigen Apparate enthält, welche eine Nachahmung der ganzen Funktion irgend eines unserer Sinnesorgane oder unserer Gliedmaßen zum Zweck haben und somit auch als Ersatz für ein Sinnesorgan oder Glied in einer ganz bestimmten Hinsicht dienen können. Die Erfindungen dieser neuen Gruppe entsprechen den Bestrebungen des Menschen, sich wohlfeile und vor allem zuverlässige dienstbare Kräfte zu verschaffen. Sie kommen den Sinnesorganen oder den Gliedmaßen wohl zu Hilfe, sie gestalten die sinnliche Wahrnehmung oder die Funktion einzelner Körperorgane ungefährlicher, bequemer, weniger langweilig, machen sie schneller, sicherer, vollständiger, aber sie gehen doch im allgemeinen nicht über sie hinaus. Im Gegensatz hierzu enthalten die Spencerschen Gruppen nur die Instrumente, welche uns über die der sinnlich geistigen Wahrnehmungsfähigkeit unserer Sinnesorgane oder über die den natürlichen Funktionen unserer Gliedmaßen gesteckten Grenzen hinausführen.

Die neue Gruppe zerfällt wieder in zwei Unterabteilungen, welche sich wie die Spencerschen Gruppen auf die Sinnesorgane und auf die Gliedmaßen beziehen, so daß nun das ganze System in symmetrischer Weise aus zwei Hauptgruppen mit je zwei Unterabteilungen besteht. Eine Stütze des neuen Systemes ist die Tatsache, daß im allgemeinen die Apparate jeder Hauptgruppe in ihren Hauptbestandteilen entweder unseren natürlichen Organen oder Teilen derselben gleichen oder wenigstens ähneln. So werden also die Apparate der Spencerschen Gruppen in ihren wichtigen und charakteristischen Bestandteilen den wichtigsten Teilen der Organe gleichen, deren Wirkungsbereich sie erweitern: Die optischen Apparate sind im wesentlichen eine Nachbildung der Linse des Auges; die hauptsächlichsten Werkzeuge sind meist ein getreues Abbild unserer Gliedmaßen: Der Hebel ahmt den Arm nach, der Hammer die Faust usw. Freilich gibt es eine Anzahl von Apparaten der Spencerschen Gruppe, welche kein äußeres Merkmal der beschrie-

Digitized by Google

benen Art tragen, und zwar sind das diejenigen schon oben erwähnten Apparate, welche uns die Kenntnis von Kräften vermitteln, für deren direkte Wirkungen wir keine Sinnesorgane besitzen.

Während also nur ein Teil der Apparate der Spencerschen Gruppe Teilen der natürlichen Organe nachgebildet ist, sind die Apparate der neuen Gruppe ausschließlich den jeweiligen vollständigen natürlichen Organen nachgeformt: So besteht z. B. der Phonograph in seinen Hauptbestandteilen aus Schalltrichter, Membran und Schreibstift, wie das Ohr aus Muschel, Trommelfell, Gehörknöchel; faßt man aber die Wiedergabe eines Gespräches ins Auge, so gleicht die Membran des Phonographen oder jetzt besser des Grammophons dem Stimmbande des Kehlkopfes und der Schalltrichter der tönenden Mundhöhle; desgleichen trägt das Telephon in seiner schwingenden Membran ein Abbild des Trommelfelles und zugleich des Stimmbandes. Ferner besteht die photographische Kamera aus Objektiv und empfindlicher Platte, wie das Auge aus Linse und Netzhaut; der Momentverschluß entspricht dem Augenlid, die Irisblende der Iris des Auges, auch eine Pupille hat das Objektiv wie das Auge. Daß gerade die photographische Kamera eine fast vollkommen getreue Kopie des menschlichen Auges ist, wurde durch neuere Untersuchungen bewiesen, welche zum Resultat hatten, daß die photographische Platte sich ganz ähnlich wie die Netzhaut des Auges gegenüber Helligkeit und Farbe verhält. Die Erzielung von absoluter Objektivität ist also für immer ausgeschlossen, d. h. die photographische Kamera verhält sich wie ein Individuum.

Aus dem Gesagten geht jedoch ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Hauptgruppen hervor: Die Apparate der neuen Gruppe sind imstande, äußere Reize nicht nur wahrzunehmen, sondern sie auch festzuhalten, d. h. zu registrieren, und sie auf Verlangen zu reproduzieren. Sie bilden also nicht nur eine äußere Nachahmung des natürlichen Organes, sondern sie üben auch gewisse Funktionen des Gehirnzentrums des betreffenden Organes aus. Als Repräsentanten dieser Funktionen, als „Gehirneindrücke" können wir z. B. die Eindrücke des Schreibstiftes auf der Walze des Phonographen ansehen, oder bei der photographischen Kamera das entwickelte Bild auf der lichtempfindlichen Platte, noch treffender aber wohl das unentwickelte „latente" Bild, welches den verborgenen Gedanken des Menschen so recht entspricht. Auch die mechanischen Automaten, die zweite Unterabteilung der

Digitized by Google

neuen Gruppe, besitzen gegenüber den gewöhnlichen Maschinen, die von Menschenhänden bedient werden, eine Art Gehirnzentrum, das die betreffenden Funktionen leitet.

Die Begrenzung der beiden Hauptgruppen ist eine scharfe, das folgt aus ihren Definitionen und aus der ursprünglichen und eigentlichen Bestimmung jedes Apparates. Ein Apparat der einen Gruppe kann immer erst in zweiter Linie auch der anderen Gruppe angehören, von Kombinationen zweier oder mehrerer Apparate vorläufig abgesehen. Ein typisches Beispiel hierfür ist die photographische Kamera: Nach ihren natürlichen Bestimmungen gestattet sie uns ein schnelleres, sichereres und vollständigeres Aufzeichnen dessen, was wir ohne Kamera auch aufzeichnen können. Sie ist uns zunächst nur ein „dienstbarer Geist" wenn wir so wollen. Erst in zweiter Linie bedeutet sie uns eine Erweiterung unseres Sehorganes, wenn sie uns, um die Worte Czapskis zu gebrauchen, die Wahrnehmung geringerer Helligkeitsstufen vermittelt, als der, für die unser Sehorgan eindrucksfähig ist; wenn sie zweitens das Studium von Bewegungsgeschwindigkeiten ermöglicht, die infolge ihrer zu erheblichen Größe oder Kleinheit unsere natürliche Wahrnehmungsfähigkeit übersteigen, und falls sie drittens endlich den Spektralbezirk, für den unser Auge mit Empfindung ausgestattet ist, ganz außerordentlich erweitert.

Selbstregistrierende Instrumente, wie z. B. Apparate zur Messung elektrischer und magnetischer Schwankungen, Seismographen zur Registrierung von Erdbebenwellen usw. gehören ihrer eigentlichen Bestimmung nach durchaus zur Spencerschen Gruppe, trotz ihrer automatischen Einrichtung; letzterer Ergänzungsapparat allein gehört zur neuen Gruppe, so daß wir es hier mit Kombinationen beider Hauptgruppen zu tun haben.

Wie nun bereits erwähnt wurde, gehört die Kinematographie ihrer ursprünglichen Bestimmung nach in erster Linie der neuen Gruppe an: Sie kommt unserem Auge und unserer den Zeichenstift führenden Hand zu Hilfe. Im allgemeinen gilt also für sie dasselbe, was oben von der photographischen Kamera gesagt wurde, welche ja einen wichtigen Bestandteil des Kinematographen darstellt. Der Kinematograph ist nur eine bestimmte Abart, ein Spezialfall der photographischen Kamera. Er gleicht einem Zeichner, der fortdauernd sein Zeichenblatt wechselt: Er ist also eine Verbindung der photographischen Kamera mit einer automatischen Wechselvorrichtung. Hier sind also eigentlich zwei Apparate je

Digitized by Google

einer Unterabteilung der neuen Gruppe miteinander kombiniert. Die Hilfe nun, welche uns der Kinematograph leistet, besteht darin, daß er uns einen Zeichner ersetzt, der außerordentlich schnell arbeitet; und zwar hat das der Kinematograph im Laufe der Jahre seiner Entwickelung so gut gelernt, daß die vorgeführten Bildserien unserem Auge den Anschein erwecken, als bewegten sich die dargestellten in Wirklichkeit sich bewegenden Gegenstände und Körper auch auf dem Bilde.

Worauf diese heutzutage sehr verbreitete, als eine besondere Art von „optischer Täuschung" aufzufassende Erscheinung beruht, soll in den nächsten Kapiteln über das Wesen und die Grundlagen der Kinematographie erörtert werden.

In zweiter Linie gehört die Kinematographie der Spencerschen Gruppe an, sie stellt nämlich eine Erweiterung unseres Sehorganes vor, falls sie zum Studium von Bewegungsgeschwindigkeiten herangezogen wird, die infolge ihrer zu beträchtlichen oder zu geringen Größe unsere natürliche Wahrnehmungsfähigkeit überschreiten. Auch hier ersetzt uns der Kinematograph einen Zeichner, dessen Auge und Hand im Auffassen von aufeinanderfolgenden Bewegungsmomenten sehr geübt sind; im Gegensatz zur ersten Aufgabe werden aber hier die Bilder Blatt für Blatt in Muße studiert, ja gegebenenfalls sogar ausgemessen. Auch hierüber wird in einem späteren Kapitel über die Anwendung der Kinematographie in der Wissenschaft näheres gesagt werden.

Zweites Kapitel.

Das Prinzip und die Wirkungsweise der kinematographischen Apparate; ein historischer Überblick.

Der erste und zugleich auch einfachste kinematographische Apparat ist das sogenannte Lebensrad, auch Stroboskop oder stroboskopische Scheibe, auch Phenakistoskop genannt. Diese Vorrichtung wurde im Jahre 1832 von zwei Forschern unabhängig voneinander erfunden, von Plateau in Brüssel, und einen Monat später von Stampfer in Wien. Sie besteht aus einer kreisrunden Scheibe, in welche eine Anzahl Spalte in radialer Richtung eingeschnitten sind, und die um ihre Achse in rasche Rotation versetzt werden

Digitized by Google

kann. Blickt man durch diese Spalte in einen Spiegel, so erscheint statt des ganzen Spiegelbildes eine ruhende Scheibe, die Spalte verharren scheinbar an ihrer Stelle: Der Apparat vernichtet also Bewegungen, die objektiv gegeben sind, und verwandelt sie in Ruhe. Wenn man nun unter oder neben die einzelnen Spalte je eine Phase eines bewegten Gegenstandes zeichnet, derart, daß zeitlich aufeinander folgende Phasen auch räumlich aufeinander folgen, und wieder durch die Spalte in den Spiegel blickt, so erscheint unter oder neben den ruhenden Spalten ein bewegter Gegenstand. Diese Bewegung ist jedoch der Art nach von der objektiven rotierenden der Scheibe ganz unabhängig, denn der Gegenstand scheint die räumlich nacheinander dargestellten Bewegungsphasen wirklich auszuführen, mit anderen Worten, das Bild scheint zu leben. Der Apparat ruft also Bewegungen ins Dasein, die vordem nicht vorhanden waren. In nebenstehender Abb. 1 ist dieser einfachste kinematographische Apparat, das Lebensrad, abgebildet.

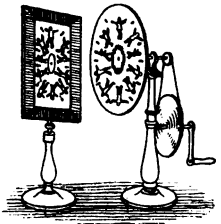


Abb. 1. Das Lebensrad.

Später gab Stampfer selbst eine Abänderung der ursprünglichen Konstruktion an, wie sie Abb. 2 zeigt. Hier ist die Benutzung eines Spiegels unnötig; die Spalte und die Phasenbilder befinden sich auf zwei voneinander getrennten, auf einer gemeinsamen Achse befestigten Scheiben. Die Achse mitsamt den Scheiben wird in Rotation versetzt, während der durch die Spalte nach der Scheibe mit den Phasenbildern geblickt wird. Der Erfolg ist genau derselbe wie oben. Der abgebildete Gegenstand scheint zu leben, nur daß man hier die ruhenden Spiegelbilder der Spalte nicht sieht.

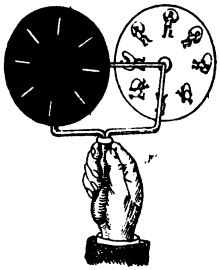


Abb. 2. Das verbesserte Lebensrad.

Es wurde sehr bald gefunden, daß das lebende Bild viel schärfer und deutlicher erschien, wenn die Spaltenscheibe in entgegengesetzter Richtung wie die Bilderscheibe rotierte. Hierdurch wird die relative Geschwindigkeit, welche Spalte und Phasenbilder gegenüber dem Auge besitzen, wesentlich erhöht, so daß die einzelnen Phasen nur sehr kurze Zeit dem Auge dargeboten werden und ihre Eigenbewegung praktisch unmerklich wird. Bei der ursprünglichen Kon-

Digitized by Google

struktion mit dem Spiegel ist letzteres nämlich nicht der Fall, wodurch die Unschärfe der Bilder hervorgerufen wird.

Eine weitere Verbesserung erfuhr der Apparat im Jahre 1833 durch Horner. Dessen Konstruktion, genannt „Wundertrommel" oder „Dädaleum", besteht aus einem Hohlzylinder mit achsenparallelen Schlitzen, der um seine Achse in rasche Umdrehungen versetzt wird. Die Phasenbilder sind auf Papierstreifen aufgedruckt, welche einfach an die innere Wandung des Zylinders gelegt werden, oder sie sind auch auf kreisrunden Papierscheiben aufgezeichnet, die auf den Boden des Zylinders gelegt werden. Der Beobachter blickt durch die Schlitze auf die gegenüberliegenden Phasenbilder (Abb. 3). Die Wirkung ist hierbei genau dieselbe wie bei dem verbesserten Lebensrad (Abb. 2). Aber hier bewegen sich Spalte und Phasenbilder entgegengesetzt, so daß also das lebende Bild in genügender Schärfe erscheint. Diese „Wundertrommeln" haben eine weite Verbreitung gefunden und sind auch jetzt noch ein beliebtes Spielzeug.

Abb. 3. Die Wundertrommel.

Eine fast noch einfachere kinematographische Vorrichtung, als sie das ursprüngliche Lebensrad ist, wurde 1866 in dem „Taschenkinematographen" erfunden. Dieser besteht in einem Buch, dessen Blätter einseitig mit den aufeinanderfolgenden Phasenbildern bedruckt sind. In Tätigkeit wird diese Vorrichtung dadurch gesetzt, daß man die Blätter des Buches mittels Daumens und Zeigefingers umbiegt und einzeln in rascher Folge fallen läßt. Hierdurch wird jedes Phasenbild dem Auge einen Moment dargeboten und sofort durch ein anderes ersetzt. Die Wirkung dieses Taschenkinematographen ist ganz verblüffend gut, die lebenden Bilder erscheinen in großer Schärfe und Deutlichkeit, und die Bewegungen können vollkommen lebenswahr sein, vorausgesetzt, daß das Bildmaterial ein gutes ist. Auf diesem Prinzip beruht das vollkommnere Mutoskop, von dem Abb. 4 eine Konstruktionsform zeigt. Die einzelnen Blätter sind hier rings um die Achse eines Zylinders angeordnet. Dieser Zylinder wird von außen

Abb. 4. Das Mutoskop.

Digitized by Google

durch eine Kurbel oder durch einen kleinen Elektromotor in Rotation versetzt, während der „Greifer", einfach ein in die Blätter hineinragender Stift, das Umblättern besorgt. Die Beleuchtung der Bilder geschieht durch Fenster und die Beobachtung, ev. zur Erzielung einer Vergrößerung durch eine Betrachtungslinse, durch eine seitliche Öffnung. Das Mutoskop ist auch heute noch vielfach als Automat in Betrieb zu sehen, z. B. auf Bahnhöfen oder sonstigen öffentlichen Orten.

Als eine Verbindung der Wundertrommel mit dem Lebensrad ist das Praxinoskop aufzufassen, von dem Abb. 5 eine Ansicht gibt. Die wie bei der Wundertrommel innerhalb des Zylinders liegenden Bilder *B* werden hier nicht durch Spalte betrachtet, sondern wie beim Lebensrad durch einen Spiegel; jedoch hat beim Praxinoskop jedes Phasenbild einen Spiegel; alle diese Spiegel *S* sind innerhalb des größeren Zylinders auf der Außenfläche eines kleineren angebracht und rotieren mit. Der Beobachter blickt in die Spiegel auf das Spiegelbild der Phasenbilder; hierbei wirken die einzelnen Spiegel gleichsam als Spalte. Das Praxinoskop hat aber noch eine ganz besondere Eigenschaft: Jedes in der Spiegeltrommel *S* gespiegelte Phasenbild scheint im Raume dauernd ruhig zu stehen und wird allmählig in das nächste Phasenbild verwandelt. Somit ist das Praxinoskop der Urtyp der modernen Kinematographenapparate mit „optisch stationär" gemachter kontinuierlicher Bildbandbewegung (vgl. S. 63 ff.). — Das Praxinoskop wurde 1877 von Reynaud erfunden.

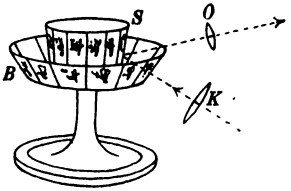


Abb. 5. Das Praxinoskop.

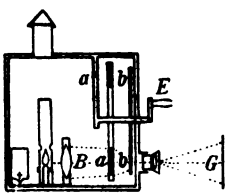


Abb. 6. Der erste Apparat zur Erzeugung lebender Lichtbilder.

Beim Lebensrad und dem Mutoskop können immer nur eine oder jedenfalls nur sehr wenige Personen die Erscheinung des lebenden Bildes beobachten, bei der Wundertrommel und dem Praxinoskop schon eine größere Anzahl, aber von einem ganzen Auditorium würde die Erscheinung jedoch noch nicht zu gleicher Zeit beobachtet werden können. Man ist daher frühzeitig auf den Gedanken gekommen, das lebende Bild als Lichtbild einer größeren Versammlung sichtbar zu machen. Der erste Versuch dieser Art rührt von F. v. Uchatius her, der im Jahre 1845 das verbesserte Lebensrad Stampfers mit dem Projektionsapparat kombinierte,

Digitized by Google

wie es vorstehende Abb. 6 darstellt. Hierin sind *a* die Scheibe mit den transparenten Phasenbildern, *b* die Scheibe mit den Spalten; beide Scheiben sind auf einer gemeinsamen Achse befestigt, die durch die Kurbel *E* in Umdrehung versetzt werden kann. Die Linse *B* sammelt die Strahlen einer Lichtquelle und leitet sie durch die Scheiben nach dem Objektiv, das von den einzelnen Phasenbildern, die rasch nacheinander in die Bildebene *a* des Objektives treten, ein nunmehr lebendes Lichtbild auf dem Projektionsschirm *G* entwirft. v. Uchatius verbesserte später seinen Apparat erheblich, der natürlich zunächst, der Natur des Lebensrades entsprechend, noch ungenügende Schärfe der Bilder gab. Recht gute Resultate wurden ferner mit dem oben genannten Praxinoskop erzielt (Abb. 5), das man mit dem Projektionsapparat verband. Hierbei mußten die Phasenbilder ebenfalls transparent sein; sodann wurden mit der Sammellinse *K* die Lichtstrahlen durch die Phasenbilder *B* auf die Spiegel *S* geleitet, von wo sie nach dem Projektionsobjektiv *O* reflektiert wurden, welches dann auf der Projektionswand das lebende Bild erzeugte.

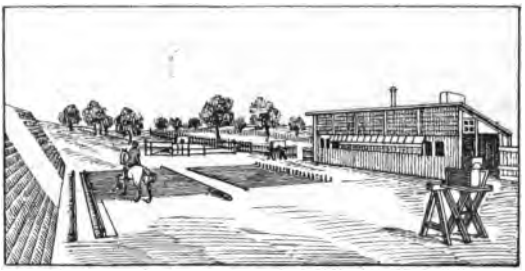


Abb. 7. Der erste kinematographische Aufnahmeapparat: Muybridges Vorrichtung zur Aufnahme von Serienbildern.

Bei allen bisher beschriebenen Apparaten wurden zunächst natürlich die Phasenbilder gezeichnet. Auf diese Weise konnten nur ziemlich primitive Wirkungen erzielt werden, denn das zeichnerische Erfassen einzelner Bewegungsphasen, namentlich eines rasch bewegten Objektes, ist ungemein schwierig und meistens ganz unmöglich. Erst die Anwendung der Photographie führte hier zu wirklich lebenswahren Darstellungen. Die ersten Anfänge dazu datieren aus den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Aber der Anfang war sehr schwierig: Es waren sehr kurze Momentaufnahmen nötig, und das ging damals noch nicht so recht. Man ließ daher z. B. eine aufzunehmende Person verschiedene Stellungen einnehmen, in der Reihenfolge, wie sie die darzustellende Bewegung erforderte,

Digitized by Google

und machte eben eine Reihe Zeitaufnahmen. Die auf diese Weise gewonnenen Bilder waren natürlich nichts weniger als lebenswahr. Erst die Momentphotographie brachte hier Abhilfe.

Der erste, welcher sich der Momentphotographie mit gutem Erfolg zur Erzeugung lebender Bilder bediente, war der amerikanische Amateurphotograph Muybridge, der sich seit 1877 mit diesem Problem beschäftigte. In der Hauptsache studierte er die Fortbewegung der Tiere. Seine Versuchsanordnung ist in Abb. 7 skizziert. In einem besonders zu diesem Zweck errichteten Gebäude waren bis gegen 30 photographische Kameras nebeneinander gestellt, deren Objektive alle gegen eine weiße Wand gerichtet wurden, von der sich dann auf den einzelnen Aufnahmen die Bilder wie Silhouetten scharf abhoben. Zwischen der Wand und dem Gebäude waren Fäden gespannt, die nach elektrischen Kontakten führten. Beim Berühren jedes dieser Fäden wurde ein solcher Kontakt geöffnet oder geschlossen, wodurch mittels eines Elektromagneten jedesmal der Momentverschluß eines Objektives geöffnet wurde, und zwar immer derjenigen Kamera, in deren „Schußlinie" sich der berührte Faden befand. Muybridge ließ nun Pferde über die Bahn galoppieren, wodurch ein Apparat nach dem anderen in Tätigkeit gesetzt wurde. Das Endergebnis war dann eine „Serienaufnahme" wie sie z. B. nebenstehende Abb. 8 zeigt. Es ist das eine Aufnahme des seinerzeit berühmten Rennpferdes „Sallie Gardner." Die Aufnahmen erfolgten hier in Zwischenräumen von $^1/_{25}$ Sekunden.

Später wurde dieses Verfahren von dem Deutschen Ottomar Anschütz dadurch wesentlich verbessert, daß sogenannte „Schlitzverschlüsse" zur Anwendung kamen. Im Gegensatz zu den Objektivverschlüssen, wie sie Muybridge anwandte, befinden sich die Schlitzverschlüsse unmittelbar vor der photographischen Platte; hierbei wird ein rouleauxartiger Vorhang, in dem sich ein in seiner Breite

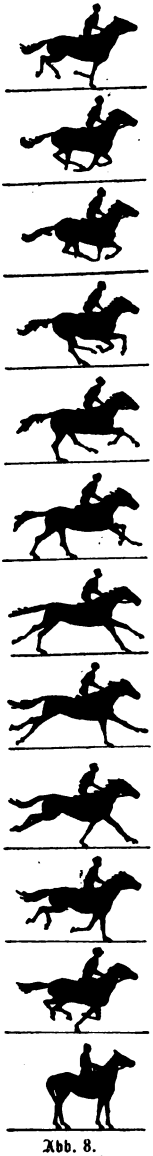


Abb. 8.
Eine Serienaufnahme von Muybridge.

Digitized by Google

verstellbarer Schlitz befindet, rasch vor der Platte vorbeigezogen. Derartige Momentverschlüsse gestatten eine bessere Ausnutzung des Lichtes und somit viel kürzere Expositionszeiten. Infolgedessen sind die von Anschütz erzielten Bilder viel detailreicher als die von Muybridge, wie z. B. ein Vergleich der Abb. 8 mit Abb. 9 zeigt,

Abb. 9. Eine Serienaufnahme von O. Anschütz.

welch letztere einen Teil einer Serienaufnahme von Anschütz darstellt. O. Anschütz war der erste, der in Deutschland lebende Photographien herstellte (im Jahre 1885) und seine Aufnahmen sind in künstlerischer Beziehung auch heute noch kaum übertroffen worden; sie können als klassisch in ihrer Art gelten.

Die von Muybridge und Anschütz hergestellten Serienaufnahmen haben jedoch noch einen großen Fehler: Es konnten nur in Fortbewegung begriffene Gegenstände aufgenommen werden, und ferner war die Anzahl der Aufnahmen eine recht beschränkte. Auch erhielt das „lebende Bild" in einem der obenbeschriebenen Betrachtungsapparaten dadurch etwas unnatürliches, daß der Aufnahmeapparat mit dem Objekt gewandert war: Es bewegte sich gar nicht von der Stelle. Erst dem französischen Physiologen M. Marey gelang es, diese Fehler zu beseitigen. Marey kann als Begründer der modernen Kinematographie gelten, und seine Verdienste auf diesem Gebiete sind ganz außerordentlich hohe. Wir werden später noch einmal auf seine Untersuchungen eingehen. Seine Studien beginnen im Jahre 1870. Das erste Instrument, mit dem er bereits hervorragende Erfolge erzielte, war die photographische Flinte. Die Anregung hierzu erhielt er durch den Astronomen Janssen, der im Jahre 1874 bei einer Expedition nach Japan den Vorübergang der Venus vor der Sonne mit Hilfe seines „photographischen Revolvers" aufnahm. Dieser Apparat gab in 72 Sekunden 48 Aufnahmen, die auf einer ruckweise bewegten kreisförmigen Platte hergestellt waren. Die ruckweise Bewegung geschah mittels des

Abb. 10. Mareys photographische Flinte.

Digitized by Google

sogenannten Malteserkreuzrades, worauf wir später im technischen Teil dieses Buches näher eingehen werden. Diesen Bewegungsmechanismus und die kreisförmige photographische Platte nun setzte Marey an Stelle des Schlosses in den Schaft einer Flinte ein, in deren Laufmündung vorn sich das ziemlich langbrennweitige Objektiv befand. Wurde der Drücker oder „Abzug" der Flinte in Bewegung gesetzt, so brachte ein Uhrwerk den Bewegungsmechanismus der Platte in Tätigkeit, wodurch in der Sekunde 12 Aufnahmen auf der Platte entstanden. Die Abb. 10 zeigt eine Mareysche Flinte im Gebrauch, während Abb. 11 eine Platte mit einer Serienaufnahme daraus darstellt; es ist hier der Flug einer Möve abgebildet. Marey studierte nämlich zunächst den Vogelflug. Diese photographische Flinte war insofern eine Verbesserung der bisherigen Apparate, als hier in einfacher Weise mit einem einzigen Apparate gearbeitet wurde. Doch die Bilder selbst waren nicht besser als die des Amerikaners Muybridge, sie zeigten noch wenig „Detail", auch war die Bilderzahl noch eine beschränkte. Aber Marey gelang es, auch diese Mängel zu beseitigen. Er verwendete lange biegsame Bänder aus Papier, auf denen die lichtempfindliche Schicht aufgebracht war, zur Aufnahme an Stelle der photographischen Glasplatte. Dieses Band war zu einer Rolle aufgewickelt und wurde von dieser durch einen Mechanismus ruckweise ab- und auf eine andere Rolle aufgewickelt. Zwischen den beiden Rollen wurde das Band durch das Objektiv belichtet, das während der Bewegung des Bandes jedesmal durch eine rotierende Blende geschlossen wurde. Dieser erste kinematographische Filmapparat entstand im Jahre 1888; die damit erzielten Resultate waren sehr gut, denn nun konnte ja Marey auch lichtstarke Objektive verwenden. So erzielte Marey mit einem einzigen Apparat viel mehr und mindestens ebenso gute Bilder, denn die Anzahl seiner Bilder war ja nun nur noch von der Länge des Filmbandes abhängig.

Abb. 11. Eine Serienaufnahme, hergestellt mit der photographischen Flinte.

Später wurde die Mareysche Konstruktion von anderer Seite weiter verbessert. So führte 1889 W. Friese-Green den Cellu-

Digitized by Google

loidfilm ein, der ja auch heute noch in der Kinematographie üblich ist. Freilich war damals die Qualität dieser Films noch sehr mangelhaft, aber das Celluloid war doch infolge seiner Transparenz und größeren Haltbarkeit weit besser als Papier für kinematographische Zwecke geeignet.

Seit dieser Zeit nun datiert die Begründung einer kinematographischen Industrie, die sogleich einen fast explosionsartigen Aufschwung nahm. Es würde zu weit führen, die Namen aller der Männer zu nennen, die sich um die Kinematographie verdient gemacht haben; später soll bei der Besprechung der Anwendung der Kinematographie noch einiges hierüber mitgeteilt werden. Nur soviel soll hier noch erwähnt werden, daß es etwa Mitte der 90iger Jahre der weltbekannten Firma Lumière in Lyon gelang, die Kinematographie wirklich populär zu machen. Die Gebrüder Lumière waren es auch, welche den Namen „Kinematograph" einführten.

Nachdem wir uns soeben über die Konstruktion der kinematographischen Apparate einigermaßen orientiert haben, können wir bezüglich des ihnen zugrunde liegenden Prinzipes und über ihre Wirkungsweise folgendes feststellen: Es wird dem Auge eine Reihe oder „Serie" von Bildern dargeboten, die von ein- und demselben Objekt zeitlich aufeinanderfolgende Bewegungsphasen darstellen, und zwar derart, daß dem Auge jeweils nur ein einziges Phasenbild exponiert wird, wobei der zeitliche Abstand je zweier Phasenbilder gleich dem Zeitintervall der in Wirklichkeit aufeinanderfolgenden Bewegungsphasen gewählt wird. Letztere beiden Bestimmungen sind nicht zum Eintritt des „stroboskopischen" Effektes (so heißt die Gruppe der Gesichtstäuschungen, zu denen die Kinematographie gehört) nötig, sie unterstützen ihn nur, indem sie die dargestellten Bewegungen deutlicher und natürlicher erscheinen lassen. Dagegen ist zum Eintritt des stroboskopischen Effektes unbedingt erforderlich, daß die Eigenbewegung der Bildserie, die ja am Auge vorbeigeführt werden muß, dem Auge selbst verdeckt oder unmerklich gemacht ist. Letzteres kann auf drei verschiedene Arten geschehen: Der Beobachter kann erstens durch Spalte blicken, die in einem in derselben oder in entgegengesetzter Richtung wie die kontinuierlich fortlaufende Bildserie bewegten dunklen Schirm in gleichen Abständen wie die Teilbilder angebracht sind; dann verdeckt der dunkle Schirm den größten Teil der Eigenbewegung der Bilder und jede Phase wird nur einen Moment dem Auge sichtbar, in

Digitized by Google

welchem die Eigenbewegung unmerklich erscheint. Hierbei ist jedoch eine vollkommene Schärfe der gesehenen Bilder nicht erreichbar. Ein vollkommeneres Verfahren zur Verdeckung der Eigenbewegung ist zweitens die Methode, die kontinuierliche Bewegung des Filmbandes optisch stationär zu machen. Derartige Konstruktionen, von denen im technischen Teil dieses Buches die Rede sein wird, stellen den Zukunftstyp des Kinematographenapparates dar. Bei den heutzutage noch allgemein gebräuchlichen kinematographischen Apparaten schließlich wird der Bildtransport dadurch unmerklich gemacht, daß das Filmband nicht kontinuierlich, sondern ruckweise fortbewegt wird, derart, daß jedes Phasenbild eine endliche Zeitdauer feststeht und so dem Auge ruhend dargeboten wird. Der ruckweise erfolgende Bildtransport geschieht sehr rasch und wird meistens durch eine rotierende Blende verdeckt. Auch über diese Konstruktionstypen wird später genaueres mitgeteilt werden, desgleichen über die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Arten.

Drittes Kapitel.

Über die psychologischen und physiologischen Grundlagen der Kinematographie.

Es ist nun die Frage zu beantworten: Wie kommt der stroboskopische Effekt zustande? d. h. wie kommt es, daß wir in geeigneter Weise vorgeführte an sich ruhende Bilder zu einer Bewegung zusammenzusetzen vermögen?

Hier ist es an der Zeit, mit einer Reihe veralteter Anschauungen zu brechen, welche in den verschiedenen Monographien und Abhandlungen über die „stroboskopischen Erscheinungen", zu denen ja auch die Kinematographie gehört, immer und immer wieder mitgeschleppt werden, trotzdem die einschlägigen Forschungsgebiete schon seit längerer Zeit, mindestens schon seit einem Jahrzehnt, zu neuen, von den alten wesentlich verschiedenen Resultaten gelangt sind. Auf diesen Punkt etwas näher einzugehen erscheint mir um so wichtiger, als die neuen Resultate einmal dazu geeignet sind, nach verschiedenen Richtungen hin sogar zahlenmäßig, festzulegen, inwieweit die modernen und vollkommensten Apparate für Kinematographie den Anforderungen gerecht werden, welche die Theorie an sie stellt, und als sie vor allem ferner im Stande sind, gewisse Nachteile von Konstruktionen und falsche Wege aufzudecken, die hier-

Digitized by Google

bei eingeschlagen wurden. Zunächst zeigt eine genaue Prüfung, daß die Grundlage der Kinematographie nicht nur physiologischer, sondern auch psychologischer Natur, und zwar in erster Linie psychologischer Natur ist. Denn wir sehen ja keine wirkliche Bewegung, sondern nur eine vorgetäuschte, d. h. unser Bewußtsein wird getäuscht, und alle Probleme, welche das Bewußtsein betreffen, sind in erster Linie psychologischer Natur. Das Verdienst, hierauf zuerst hingewiesen zu haben, gebührt Paul Linke, einem Schüler des berühmten Philosophen Wilhelm Wundt.

Man hat nämlich bisher als Ursache der stroboskopischen Täuschung die sogenannte Nachbildwirkung und die Verschmelzung angesehen. Wenn nämlich ein Lichtreiz, der auf das Auge einwirkt, plötzlich unterbrochen wird, so erlischt nicht mit ihm zugleich auch die Empfindung, sondern diese bleibt noch eine längere oder kürzere Zeit bestehen, und zwar nimmt sie vom Augenblick der Reizunterbrechung an allmählich oder rasch, je nach den Verhältnissen, bis zur Unmerklichkeit ab. Man bezeichnet diese Erscheinung als Nachdauer der Empfindung oder als Nachbildwirkung. Demnach wird das Bild bei den stroboskopischen Apparaten auch dann noch gesehen, wenn es vom dunklen Schirm (zum Zweck seiner unmerklichen Weiterbewegung) bereits verdeckt ist. Hieraus erhellt ohne weiteres, daß die durch die stroboskopische Bildwechselung entstehenden Helligkeitsschwankungen, welche man als „Flimmern" bezeichnet, infolge der Nachdauer der Empfindung gemildert werden müssen. Sorgt man nun dafür, daß der Bildwechsel rasch genug erfolgt, so wird man schließlich eine Geschwindigkeit erreichen, bei welcher die diskontinuierliche Bildfolge in eine kontinuierliche verwandelt wird, die Helligkeitsschwankungen werden unmerklich, und das Flimmern, welches auf viele Augen äußerst unangenehm und schmerzhaft einwirkt, verschwindet vollkommen. In diesem Moment tritt die sogenannte Verschmelzung ein, und die Anzahl der hierzu nötigen Bildwechsel pro Sekunde nennt man die „Verschmelzungsfrequenz", welche uns weiter unten noch beschäftigen wird.

Nun hat Paul Linke einwandfrei durch Experimente nachgewiesen, daß kein Grund vorhanden ist, die Verschmelzung als Ursache der stroboskopischen Täuschung zu bezeichnen; ja nach seinen Versuchen sind stroboskopische Täuschungen sogar ohne jede Verschmelzung möglich. Der Eindruck eines einzigen, sogar bewegten Gegenstandes kann selbst dann noch entstehen, wenn die Pausen zwischen den Expositionen deutlich bemerkt werden. Der

Digitized by Google

Grund dafür, daß trotz merkbarer Unterbrechungen Bewegung gesehen wird, folgt nach Linke aus dem allgemeinen Problem des Sehens von Bewegungen. Es ist also ein psychologisches Problem, welches uns über die Ursache der stroboskopischen Täuschungen aufklärt. Linke sagt hierüber folgendes: „Damit nämlich eine Bewegung gesehen wird, ist zunächst nötig, daß mindestens zwei Gesichtswahrnehmungen nacheinander bestehen, die in ihren räumlichen Bestimmungen wenig genug voneinander abweichen, um identifiziert, d. h. auf einen einzigen Gegenstand bezogen werden zu können, denn andernfalls erhält man den Eindruck einer Reihe numerisch verschiedener Bilder.

Zweitens aber muß diese Identität oder Einheit unmittelbar erlebt werden, und dazu ist nötig, daß diese beiden fraglichen Wahrnehmungen rasch genug aufeinander folgen, um als ein einziges, einheitliches Ganze im Bewußtsein zu wirken. Die zweite darf nicht etwa die erste durch einen Erinnerungsvorgang reproduzieren, sondern beide müssen gleichzeitig im Bewußtsein vorhanden sein, nämlich gleichzeitig in dem Sinne, in welchem dies vom gesprochenen Wort oder einer kurzen Reihe von Taktschlägen[1]) ebenfalls behauptet werden muß. Das Bemerktwerden einer Unterbrechung verträgt sich recht wohl mit solcher „Bewußtseinssimultanität": Nur sind dann im entsprechenden Falle nicht zwei, sondern drei Wahrnehmungen gleichzeitig im Bewußtsein. Identität des räumlich Unterschiedenen ist aber nicht vorstellbar ohne den Gedanken an Bewegung oder an das Bestehen von Zwischenphasen. Bei der zwingenden Deutlichkeit, mit der die Einheit der beiden Gesichtsbilder erlebt wird, verschmilzt dieses Bewegungsbewußtsein assimilativ mit den sinnlich wahrgenommenen Elementen, so daß diese einen eigentümlichen Bewegungscharakter erhalten. Während nun bei den gewöhnlichen Bewegungen die unmittelbar identifizierten Wahrnehmungsinhalte auch wirklich jeweils einem einzigen Gegenstande entsprechen, ist das bei den stroboskopisch gesehenen Bewegungen nicht der Fall: Sie sind daher „Identifikationstäuschungen", und zwar speziell solche, bei denen das Bewußtsein entsteht, es sei ein in Wahrheit mindestens numerisch Verschiedenes in der unmittelbaren Wahrnehmung als konstante Einheit gegeben."

Da also die oben erklärte Erscheinung der Verschmelzung keineswegs zur Erzeugung eines stroboskopischen Effektes erforderlich ist,

1) Oder einer Reihe von Tönen, d. h. einer Melodie.

Digitized by Google

so kann ihr höchstens eine unterstützende Bedeutung zugewiesen werden. Physiologische Probleme, als welche die Nachdauer und Verschmelzung der Empfindungen aufzufassen sind, kommen also bei den stroboskopischen Täuschungen immer erst als **sekundäres** Moment in Frage.

Und so verhält es sich in der Tat: man kann sich leicht von der Richtigkeit dieser Behauptung experimentell überzeugen, wenn man ein sogenanntes Pedemaskop in Tätigkeit setzt. Es ist dies ein stroboskopischer Apparat einfachster Konstruktion (vgl. nebenstehende Abb. 12). Hierbei wird ein Kartenblatt abwechselnd vorwärts und rückwärts immer um 180° gedreht, und zwar um eine durch die Mitte des Blattes gehende und in seiner Ebene liegende Achse. Rechts und links von der Achse nun sind Bewegungsphasen irgend eines Gegenstandes dargestellt, und zwar auf der einen Seite der Anfangs-, und auf der anderen Seite der Endzustand des Bewegungsvorganges, doch so, daß auch die Rückfläche der Karte die andere Seite des auf der vorderen Fläche dargestellten Gegenstandes in gleicher Lage in bezug auf die Drehungsachse zeigt. Letztere wird durch Drillen zwischen Daumen und Zeigefinger in Bewegung versetzt und ein auf der Karte befestigter Stift, der an den von der Achse durchbohrten Griff anschlägt, sorgt dafür, daß immer nur eine halbe Umdrehung erfolgen kann. Selbst bei langsamem Drehen des Blattes, wobei also deutlich die zur Bildwechslung nötige Zwischenpause vom Auge bemerkt wird, erweckt diese Vorrichtung den Eindruck, als führe das Bild die dargestellte Bewegung wirklich aus. Natürlich wird man hierbei der besseren Illusion wegen periodische Bewegungen darstellen, wie z. B. springende oder hämmernde Personen, den Kopf oder Schweif bewegende Tiere, Uhren mit sich bewegenden Pendeln usw.

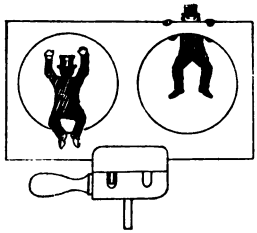


Abb. 12. Das Pedemaskop.

Das Pedemaskop kann also als einfacher und schlagender Beweis für Linkes „Theorie der Identifikations-Täuschungen" dienen, also dafür, daß die stroboskopischen Erscheinungen sich durch den Vorgang der Verschmelzung nicht erklären lassen.

Zum besseren Verständnis dieser Verschmelzung, welche, wie wir oben sahen, eine Folge der sogenannten Nachbildwirkung ist, wollen wir jetzt einige Versuche anstellen, die sich auf diese Erscheinung

Digitized by Google

beziehen. Denn die Verschmelzung wird uns auf den nächsten Seiten noch weiter beschäftigen.

Um die Nachbildwirkung zu studieren, nehmen wir ein Stück glimmendes Holz und bewegen es im Dunkeln im Kreise herum, etwa indem wir es an einer Schnur befestigen (siehe Abb. 13). Zunächst bemerken wir hierbei, daß die in der Ruhestellung als leuchtender Punkt erscheinende glühende Kohle während der Bewegung zur Linie wird. Dieser Kreisbogen wird immer länger und länger, je rascher die Umdrehung erfolgt, und es gibt schließlich eine Geschwindigkeit, bei der die beiden Enden des Kreisbogens sich berühren und der Kreis geschlossen ist. Dieser Fall tritt ein, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit der Kohle etwa $^1/_8$ Sekunde beträgt. Dieser Versuch wurde schon im Jahre 1765 von d'Arcy angestellt. Das einfache Experiment lehrt uns also, daß das Nachbild des Objektes an einer Stelle *A* genau solange dauert, als die glühende Kohle zu einer Umdrehung braucht, nämlich in unserem Falle $^1/_8$ Sekunde. Es gibt eine ganze Reihe von weiteren Erscheinungen, die sich durch die Nachbildwirkung erklären lassen, z. B. die eigentümliche Form, welche eine schwingende Saite annimmt, oder ein schwingender Stahlstab, der an einem Ende festgeklemmt ist (siehe Abb. 14). Letzterer erscheint nicht mehr als Stab, sondern als Garbe, da das Bild des Stabes an einer bestimmten Stelle der Netzhaut unseres Auges noch nachwirkt, wenn wir den Stab bereits an einer anderen Stelle sehen. Die Erscheinung der Nachbildwirkung ist auch schon früh auf verschiedene Weise zum Zwecke der Unterhaltung und Belehrung verwertet worden. Im Jahre 1765 beschreibt Abbé Nollet den Versuch, eine Kreisscheibe in eine scheinbare Kugel zu verwandeln, indem man die Scheibe um einen Durchmesser rasch rotieren läßt. Etwa 100 Jahre später war ein hübsches Spielzeug sehr verbreitet, dessen Wirkung auf denselben Tatsachen beruht: es waren Drähte, die in der Form des Profiles irgend eines Gefäßes gebogen sind, und die um eine Achse in rasche Drehung versetzt werden (vgl. Abb. 15), wodurch die Vorstellung von einem durchscheinenden Gefäß erweckt wird.

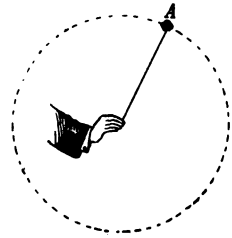


Abb. 13. Nachbildwirkung eines glühenden Funkens.

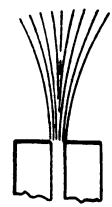


Abb. 14. Nachbildwirkung eines schwingenden Stabes.

Digitized by Google

Ferner ist auch die Wirkung der Wunderscheibe oder des Thaumatropes ein bloßes Nachbildphänomen. Während die obengenannten Vorrichtungen denselben Gegenstand an verschiedenen Orten scheinbar zu gleicher Zeit zeigten, läßt das Thaumatrop verschiedene Objekte zu gleicher Zeit an demselben Ort erscheinen. Aus letzterem Grunde wurde das Thaumatrop bisher als der Urahne der Kinematographie angesehen; jedoch kann man dem Thaumatrop bei genauerer Prüfung nach den neuesten Untersuchungen nicht den Ehrenplatz zuerkennen, denn es ist kein stroboskopischer Apparat. Ein solcher vermittelt (nach oben gegebener Theorie von Linke) die Identifizierung zwar auch numerisch verschiedener, aber gleichartiger Objekte mit einer scheinbar konstanten Einheit. Mit weit größerem Rechte kann man das oben beschriebene Pedemaskop (Seite 18) als Urahne der Kinematographie bezeichnen.

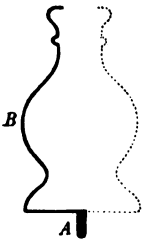


Abb. 15. Nachbildwirkung eines rotierenden gebogenen Drahtes.

Das Thaumatrop wurde etwa im Jahre 1825 erfunden. Es besteht aus einer Scheibe, auf deren Seiten die zu vereinigenden Gegenstände dargestellt sind, z. B. Reiter und Pferd, oder Vogel und Käfig (siehe Abb. 16). Mittels eines Fadens wird die Scheibe in rasche Rotation versetzt, wodurch die oben beschriebene Illusion hervorgebracht wird, d. h. für unser Beispiel: der Vogel scheint im Käfig zu sitzen.

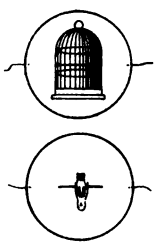


Abb. 16. Das Thaumatrop oder die Wunderscheibe.

Alle die soeben erwähnten Erscheinungen beruhen also, wie gesagt, lediglich auf Nachbildwirkungen, und haben mit der Kinematographie im Grunde nichts zu tun, da es ja gar keine stroboskopischen Erscheinungen sind. Wir wollen aber, um die Unterscheidungsmerkmale beider Arten von Täuschungen kennen zu lernen, auch noch einige Beispiele von stroboskopischen Täuschungen betrachten.

Wir behandeln zunächst die sogenannten „Zaunphänomene". Im Jahre 1825 beschrieb Roget eine Beobachtung, die jeder leicht selbst anstellen kann: geht oder fährt man an einem Zaun entlang, hinter dem gerade ein Wagen vorüber fährt, so erscheinen dessen Räder in merkwürdiger Weise verändert: sie scheinen still zu stehen und verlieren ihre ursprüngliche Form. Ein solches Rad sieht dann so aus, wie es nebenstehende Abb. 17 darstellt, und zwar befinden sich die verzerrt erscheinenden Speichen voll-

Digitized by Google

kommen in Ruhe, das Rad scheint sich nicht zu drehen, sondern nur zu schleifen. Man kann diesen Versuch auch leicht im Zimmer anstellen: man betrachtet ein sich drehendes Rad und einen Schirm, der eine größere Anzahl paralleler vertikaler Spalten enthält und sich gleichmäßig in horizontaler Richtung vor den Augen vorbeibewegt. Je nach der Drehungsrichtung des Rades erscheinen die verzerrten Speichen nach oben oder nach unten gekrümmt. (Letztere Erscheinung ist Roget entgangen und wurde erst neuerdings von P. Linke ermittelt.) Diese merkwürdige Erscheinung läßt sich leicht so erklären, daß man zunächst nur eine Speiche und einen Spalt betrachtet. Ist diese Speiche in Ruhe und wird der Spalt bewegt, so erblickt man der Reihe nach durch den Spalt nach und nach immer einen anderen Punkt der Speichen, und geschieht der Vorgang sehr rasch, so setzen sich diese Punkte infolge der Nachbildwirkung zu der vollständigen Speiche zusammen. Wir sehen dann die Speiche genau so, als wenn kein Schirm da wäre. Bewegt sich dagegen auch die Speiche, d. h. dreht sich das Rad, dann stimmt das resultierende Bild nicht mehr mit der Form der wirklichen Speiche überein, sondern diese erscheint gekrümmt. Ferner aber scheint sie auch still zu stehen, und das erklärt sich daraus, daß die einzelnen Punkte der Speiche, welche durch den Spalt nacheinander sichtbar sind, nur einen kurzen Moment gesehen werden, und darum erweckt jeder dieser Punkte für sich allein den Eindruck der Ruhe. Wenn aber von einem ganzen Gebilde alle Punkte für sich den Eindruck der Ruhe erwecken, so scheint auch das ganze Gebilde, in unserem Falle die Speiche, sich in Ruhe zu befinden.

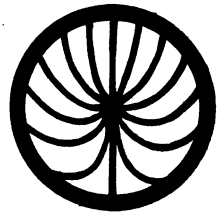


Abb. 17. Das Bannphänomen nach Roget.

Wir haben soeben eine stroboskopische Erscheinung betrachtet, welche durch das Nachbildphänomen eine Unterstützung erfährt, in der Weise, daß durch die Nachbildwirkung die Kontinuität der ganzen Erscheinung erhalten bleibt. Eine stroboskopische Erscheinung wird aber unser Fall erst dadurch, daß, bei Heranziehung mehrerer Speichen und Spalte, die Speichenkurven als immer dieselben in der Ruhe verharrend gesehen werden, obgleich sie in Wahrheit gar nicht dieselben sind, sondern beständig, der Drehung des Rades entsprechend, durch andere ersetzt werden, d. h. nach Linkes Theorie, wir identifizieren numerisch Getrenntes.

Digitized by Google

Es gibt nun auch stroboskopische Erscheinungen, welche überhaupt ganz ohne Nachbildwirkung zustande kommen. Auch hierfür wollen wir einige Beispiele näher betrachten: Plateau und Faraday haben etwa im Jahre 1820 unabhängig voneinander die Beobachtung gemacht, daß, wenn zwei Räder mit gleich viel Speichen auf einer Achse aufgereiht sind und in rasche gegengleiche Rotation versetzt werden, man statt der beiden ein einziges Rad sieht, das aber vollkommen in Ruhe ist und eine doppelte Anzahl von Speichen zeigt, als wie jedes der beiden Räder allein besitzt. Auch dieses Phänomen läßt sich in einfacher Weise erklären. Wir betrachten zunächst das eine Rad allein. Lassen wir dieses immer schneller und schneller rotieren, so sind schließlich die Speichen voneinander nicht mehr zu unterscheiden, sondern alle Speichen bilden eine einheitliche durchsichtige Fläche. Das zweite Rad, welches sich entgegengesetzt dreht, zeigt für sich allein genau dieselbe Erscheinung, die an sich durch den Verschmelzungsprozeß, d. h. die Nachbildwirkung, zustande kommt. Betrachtet man aber beide in Bewegung befindlichen Räder, so erscheinen die von den Speichen bestrichenen Flächen nicht mehr in gleichmäßiger Helligkeit, sondern dort, wo jedesmal zwei Speichen der beiden Räder sich begegnen, tritt eine Summation der Lichtwirkung ein, die durch beide Speichensysteme hervorgerufen wird, und diese Helligkeitsänderungen haben naturgemäß die Form einer Speiche. Da sich nun in unserem Fall immer dann je zwei Speichen begegnen, wenn sich jedes Rad um einen halben Speichenabstand gedreht hat, so ist die Anzahl der erwähnten Helligkeitsänderungen gleich der doppelten Anzahl der Speichen eines Rades, und da die Begegnungspunkte hier immer an derselben Stelle im Raume wiederkehren, so scheint eben das neue, dritte Rad stillzustehen. (Es ist wohl leicht begreiflich, daß durch Abänderungen der Bedingungen: der Lage der Achsen, der Anzahl der Speichen, und der Geschwindigkeiten, dieses dritte „scheinbare" Rad ebenfalls in anderer Form und Geschwindigkeit auftreten muß).[1]) Die eigentliche stroboskopische Täuschung wird also hier durch Helligkeitsänderungen verursacht, welche jedesmal durch zwei Speichen hervorgebracht werden, und wir haben hiermit wieder das Kriterium der stroboskopischen Täuschung: numerisch verschiedenes, aber gleichartiges (die beiden Speichen)

1) Neuerdings ist diese stroboskopische Erscheinung von Negream technisch verwertet worden: er bestimmte hiernach die relative Geschwindigkeit zweier Räder.

Digitized by Google

werden mit einer konstanten Einheit (der scheinbaren Speiche) identifiziert.

Ebenso bekannt ist die Gesichtstäuschung, welche sich durch Schrauben hervorbringen läßt. Hierauf hat bereits Poggendorf im Jahre 1831 aufmerksam gemacht; er sagt: „Versetzt man eine Schraube in Rotation, so glaubt man die Schraubengänge längs der Achse fortwandern zu sehen, vor- oder rückwärts, je nachdem die Rotation gleiche oder entgegengesetzte Richtung mit dem Gewinde hat." Gerade dieses Schraubenphänomen spricht in noch höherem Grade wie die bisher erörterten Beispiele für Linkes Theorie der stroboskopischen Erscheinungen, denn hier kann von einer Nachbildwirkung in keiner, aber auch in gar keiner Weise die Rede sein. „Wir halten nämlich die Einheit, die wir im Schraubengang vorfinden, lediglich auf Grund der Gleichartigkeit des Wahrnehmungsbildes, das sie uns bietet, in jedem Moment für dieselbe, während in Wahrheit immer und immer andere Teilstücke an unserem Auge vorbeiziehen". Zu derselben Klasse, dem Schraubenphänomen, gehören noch eine Anzahl anderer bekannter Erscheinungen. Man zeichne z. B. eine gerade Linie auf ein Stück Papier und lege darüber ein anderes Stück Papier mit einem Spalt, dessen Längsrichtung die Richtung der gezeichneten Linie unter spitzem Winkel schneidet. Bewegt man dann den Spalt senkrecht zu seiner Längsrichtung hin und her, so scheint ein punktförmiges Stück der Linie, das durch den Spalt sichtbar wird, auf und ab zu wandern.

Auf genau denselben Tatsachen beruht das scheinbare Auf- und Abschwingen der Telegraphendrähte, das man bei einer Eisenbahnfahrt beobachten kann. Hier sind die Drähte gewissermaßen die gezeichnete Linie, und das Fenster des Wagenabteiles der oben beschriebene Spalt.

Ebenfalls eine stroboskopische Täuschung bietet die Plateausche Spirale dar, die entsteht, wenn man eine Spirallinie auf eine Scheibe zeichnet und diese dann um den Ausgangspunkt dreht. Die Spirale scheint sich alsdann in radialer Richtung zu bewegen.

Weit weniger dürfte es bekannt sein, daß die sichtbaren Wellenbewegungen ebenfalls stroboskopische Phänomene sind, worauf P. Linke besonders hinweist. „Auch bei ihnen ist es die Form, die den Gegenstand repräsentiert und uns veranlaßt, das ständig Wechselnde zu identifizieren. Denn das ist die einzige Möglichkeit, den Schein des Fortschreitens der Welle zu erklären".

Digitized by Google

Schließlich sei als letztes Beispiel von stroboskopischen Erscheinungen noch ein zweites „Zaunphänomen" erwähnt, das dem oben dargelegten in gewisser Beziehung sehr ähnlich ist und eigentlich aus ihm abgeleitet werden kann. Diese Erscheinung ist von Otto Fischer zuerst erwähnt worden: Kommt man an einem Garten vorüber, der ringsum von einem gleichmäßigen Zaun umgeben ist, und blickt man im Vorübergehen durch die eine Staketenwand auf die gegenüberliegende, so sieht man zwischen den beiden Zaunwänden breite, schattenartige Gebilde auftreten, von der Größe und Form mindestens zweier nebeneinandergelegter Staketenstäbe; sie bewegen sich fort und zwar mit einer Geschwindigkeit, „welche die, mit der sich die beiden Zäune scheinbar aneinander verschieben, weit übertrifft. Sehr häufig kommt es vor, daß sich diese Schatten während der Bewegung schief und schiefer stellen und zugleich breiter werden, bis sie sich endlich horizontal legen und sich an einer Stelle des Zaunes gleichsam in die Erde hineinschieben. Nach einer solchen Stelle kommen auch von der anderen Seite in entgegengesetzter Richtung eben solche Schatten hingelaufen, um ebenfalls im Erdboden scheinbar zu verschwinden". Diese Schatten sind nun weiter nichts, als zwei unmittelbar benachbarte Stäbe, die zu einer Einheit verschmelzen. Bei der scheinbaren Bewegung eines Zaunpfahles, z. B. des vorderen Gitters, tritt dieser nacheinander mit den einzelnen Stäben des hinteren Gitters in scheinbare Berührung, es entstehen so immer neue scheinbare Einheiten, die dann wieder auf Grund ihres gleichartigen Aussehens mit einander identifiziert werden. In Wirklichkeit existieren diese fortschreitenden Schatten nur während der unmittelbaren Nachbarschaft der Pfähle, also z. B. dann nicht, wenn sich die Pfähle überdecken. Trotzdem wird die Bewegung des Schattens als kontinuierliche, lückenlose gesehen.

Zu derselben Art der stroboskopischen Täuschungen gehören auch die Erscheinungen, welche man als Moiréartig bezeichnet. Derartige Gebilde treten auf, wenn an Stelle der Zaunwände netzförmige Gitter in Betracht kommen (z. B. Fliegenfenster u. dgl.).

Eine besonders einfache Form des „Zaunphänomens" beschreibt Stern: „Wenn man bei einer Eisenbahnfahrt zwei windschiefe Telegraphendrähte betrachtet, so scheint der scheinbare Durchschnittspunkt gleich einem mit sich selbst identisch bleibenden Objekte pfeilschnell dahinzufliegen".

Wie bereits erwähnt, besitzt die Verschmelzung, welche eine Folge

Digitized by Google

der Nachbildwirkung ist, bei dem Zustandekommen des stroboskopischen Effektes nur einen unterstützenden Charakter. Das tritt hauptsächlich zu Tage bei einer besonderen Art der vollkommeneren stroboskopischen Apparate, bei welchen eine größere Reihe von Bewegungsphasen durch das Lichtbild zur Darstellung kommen, nämlich bei den schon im Kapitel II erwähnten kinematographischen Apparaten mit ruckweise bewegtem Filmband, wie sie jetzt allgemein verbreitet sind. Aus letzterem Grund ist auch ein näheres Eingehen auf diese Frage von einiger Wichtigkeit.

Es war oben gesagt worden, daß infolge dauernden Bildwechsels oder vielmehr infolge der dadurch hervorgerufenen Helligkeitsschwankungen das Auge ein „Flimmern" wahrnimmt, das für empfindliche Augen sehr unangenehm wirken kann. Es kann das soweit gehen, daß bei Vorführungen von Serienbildern durch Kinematographenapparate ungenügender Konstruktion besonders empfindliche Personen von Schwindel und Ohnmacht befallen werden.

Schon diese Tatsache läßt erkennen, daß eine Beseitigung oder Milderung des Flimmerns durch den Verschmelzungsvorgang für die Praxis der stroboskopischen Erscheinungen möglichst anzustreben ist. In welcher Weise dies geschieht, ersehen wir am besten aus den wichtigsten Gesetzen, welche das Studium mit dem Verschmelzungsvorgang ergeben hat, und die wir im folgenden kurz behandeln wollen.

Zur Bestimmung der „zeitlichen Unterscheidungsfähigkeit kurz dauernder Reize" hat man die „Verschmelzungsfrequenz" zu ermitteln, d. h. die zur Erzielung eines ganz stetigen Eindruckes oder zum Aufhören des Flimmerns erforderliche Frequenz des Lichtwechsels pro Sekunde. Es geschieht das in der Weise, daß man periodisch wechselnde Lichtreize auf das Sehorgan einwirken läßt, z. B. intermittierende Lichter, wie sie von einer rotierenden Scheibe, die zur Hälfte schwarz, zur Hälfte weiß ist, hervorgebracht werden.

Zunächst ist hierbei rein theoretisch das Ergebnis einer Überlegung von v. Kries sehr interessant, nämlich daß die Verschmelzungsfrequenz nicht als ein Maß für die Nachdauer der Empfindung gelten kann, die wir oben erklärt haben. Es versteht sich von selbst, daß die Empfindungsschwankungen unmerklich werden müssen, sobald ihr Betrag oder ihre Dauer unter einen gewissen Wert sinkt. Entgegen den bisherigen Anschauungen geht also in die Bestimmungen der Nachdauer außer der beobachtbaren Verschmel-

Digitized by Google

zungsfrequenz noch ein besonderes Moment der Erkennbarkeitsgrenze ein, das allen sonstigen Schwellenwerten vergleichbar ist, wie solche auch bei Empfindungen ganz anderer Art in Frage kommen.

Von Bedeutung für die Praxis sind die folgenden Versuchsergebnisse: Hier kommt in erster Linie in Betracht die Ermittelung der Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz von der Intensität des intermittierend einwirkenden Lichtes, und zwar hat sich in allen Fällen gezeigt, daß die Verschmelzungsfrequenz mit der Intensität des Lichtes zunimmt. Je größer also die Intensität des Lichtes ist, welches bei den stroboskopischen Apparaten die Bilder beleuchtet, umso schneller müssen die Bilder wechseln, damit die Empfindung eine kontinuierliche bleibt.

Tabelle 1.

$\log^{10} J$	J in engl. Meterkerzen	n_b beobachtet	n_r berechnet	Differenz $n_r - n_b$
8,78	0,06	17,75	17,75	0
9,04	0,11	18,08	18,06	— 0,02
9,40	0,25	18,50	18,50	0
10,00	1,00	25,08	26,21	+ 1,13
10,19	1,56	28,00	28,56	+ 0,56
10,44	2,78	32,00	31,58	— 0,42
10,60	4,00	33,50	33,50	0
10,80	6,25	35,50	35,85	+ 0,35
11,40	25	42,66	43,14	+ 0,48
12,00	100	50,83	50,42	— 0,41
12,25	177,78	55,08	53,44	— 1,64
12,60	400	56,42	57,71	+ 1,29
13,20	1600	65,0	65,0	0
13,81	6400	71,0	72,29	+ 1,29

Es ist sogar gelungen, die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz von der Lichtstärke mathematisch zu formulieren: M. A. Porter stellte durch sorgfältige Versuche fest, daß die Verschmelzungsfrequenz (n) direkt proportional mit dem Logarithmus der Beleuchtungsstärke (J) ist, welche am Ort des intermittierend beleuchteten Bildes herrscht. Seine Versuchsresultate sind in obiger Tabelle 1 zusammengestellt. Porter gibt in seiner Abhandlung die Beleuchtungsstärke J in einer willkürlich

Digitized by Google

gewählten Skala an; ich habe hier in dieser Tabelle seine Werte in die gebräuchliche Maßeinheit der englischen Meterkerze umgerechnet, was nach Porters Versuchsanordnung möglich war. Die ersten beiden Spalten der Tabelle 1 beziehen sich auf die Intensität der Beleuchtungsstärke, die nächste gibt die beobachteten Werte der Verschmelzungsfrequenz n_b, die vierte die aus den noch zu erwähnenden Gleichungen berechneten Werte n_r an. Aus den Porterschen Beobachtungen lassen sich nämlich zwei lineare Gleichungen ableiten:

$$n = 1{,}246 \log^{10} J + 19{,}25 \qquad (1)$$

$$n = 12{,}106 \log^{10} J + 26{,}21 \qquad (2)$$

Die Konstanten sind natürlich hier andere als bei Porter wegen der schon erwähnten Umrechnung von J. Die Gleichung 1) gilt für Beleuchtungsstärken bis zu $^1/_4$ Meterkerze; von da ab gilt die Gleichung 2). Zeichnet man die Resultate graphisch auf, so erhält man zwei gerade Linien, die unter einem scharfen Knick aneinander stoßen (Abb. 18); an dieser Stelle besitzt also die Kurve von n eine Unstetigkeit, und zwar entspricht der eine Ast der Kurve den geringsten Intensitäten bis zu einer Beleuchtungsstärke von etwa $^1/_4$ Meterkerze, während der andere Ast von da ab bis zu den höchsten Intensitäten gilt.

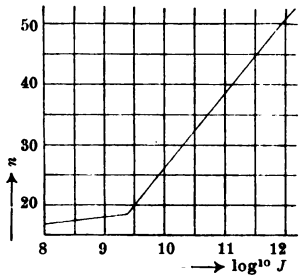


Abb. 18. Die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz n von der Beleuchtungsstärke J.

Nach v. Kries ist diese Tatsache eine interessante Bestätigung seiner Annahme, daß die zeitliche Unterscheidungsfähigkeit des „Dunkelapparates" der Netzhaut unseres Auges eine erheblich geringere ist, als die des „Zapfenapparates". (Die Netzhaut des Menschen enthält bekanntlich die lichtempfindlichen Zäpfchen und Stäbchen; letztere treten nur bei geringen Intensitäten in Wirksamkeit). Diejenige Helligkeit, bei welcher die erwähnte Kurve einen Knick hat, dürfte eben diejenige sein, bei welcher der Dunkelapparat außer Tätigkeit tritt und die Wirksamkeit der Zäpfchen beginnt. Interessant ist vielleicht noch die Bemerkung von v. Kries, daß auch die Abhängigkeit der räumlichen Unterscheidung von der Helligkeit eine Diskontinuität ähnlicher Art bei der gleichen Helligkeitsstufe aufweist.

Digitized by Google

Für die Praxis der stroboskopischen Apparate können wir also aus vorstehender Untersuchung ersehen, wieviel Bildwechsel in der Sekunde erfolgen müssen, um eine Verschmelzung der einzelnen Empfindungen zu einer kontinuierlichen zu erhalten. Aus der ersten der beiden obigen Gleichungen kann man zu jeder Beleuchtungsstärke J unterhalb $^1/_4$ Meterkerze die entsprechende Verschmelzungsfrequenz n, d. h. die Anzahl der nötigen Bildwechsel pro Sekunde berechnen, und aus der zweiten Gleichung folgt dasselbe für jedes beliebige J oberhalb $^1/_4$ Meterkerze. Für unsere Untersuchung kommen nur die Werte in Betracht, welche aus der zweiten Gleichung folgen. Der niedrigste überhaupt beobachtete Wert ist etwa 10 (in unserer Tabelle nicht mit enthalten) und der höchste etwa 70; innerhalb dieses Intervalls muß also auch die für die Kinematographenapparate nötige Verschmelzungsfrequenz liegen. Um aber letztere Zahl zu ermitteln, ist die Kenntnis der am Bildorte, d. h. auf dem Projektionsschirm herrschenden Beleuchtungsstärke erforderlich. Auch Porter streift diese Frage in seiner Abhandlung mit einigen Worten: er schätzt die bei der Kinematographie erforderliche Beleuchtungsstärke auf etwa 100 Meterkerzen, er nimmt also etwa 50 Bildwechsel pro Sekunde an.

Für unsere Untersuchung genügt jedoch eine willkürliche Schätzung nicht. Ich habe daher die Beleuchtungsstärke, welche bei der üblichen Anordnung der Kinematographenapparate auf dem Schirm herrscht, bei verschiedener Lichtstärke und Vergrößerung gemessen. Die erhaltenen Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 2.

Bildformat: 18×24 qmm Kohlendurchmesser: 20/25 mm.

Vergrößerung	Stromstärke in Ampère	Beleuchtungsstärke in Meterkerzen	n (berechnet)
224-fach	30	31	44,3
	35	36	45,1
Bildgröße: 5,38×4,03 qm	43	45	46,2
	52	61	47,8
151-fach	30	77	49,1
	40	113	51,1
Bildgröße: 3,62×2,72 qm	48	176	53,4
	55	194	53,9

Digitized by Google

Hierbei wurde die 224-fache (lineare) Vergrößerung mit den Spezialobjektiven für Kinematographie, dem lichtstarken Tessar 1:3,5; $f = 50$ mm der Firma Karl Zeiß in Jena, und die 150-fache Vergrößerung mit dem Tessar 1:3,5; $f = 75$ mm erreicht. Das 224-fach vergrößerte Bild bedeckt eine Fläche von rund 22 Quadratmetern und dürfte schon ziemlich hohen Anforderungen genügen. Die nach hygienischen Grundsätzen normale Beleuchtungsstärke von 50 Meterkerzen wird nach der Tabelle bei ca. 45 Ampère Stromstärke erreicht, und hierfür berechnet sich aus obiger Gleichung die Verschmelzungsfrequenz 46,8. Bei der schwächeren Vergrößerung dagegen wird dieser normale Fall schon bei ca. 25 Ampère erreicht. Mit der Stromstärke steigt dann die Beleuchtungsstärke ziemlich rasch, die zugehörigen Verschmelzungsfrequenzen nehmen aber viel langsamer zu, so daß bei der für einen dauernden Betrieb für das Auge schon fast zu hohen Beleuchtungsstärke von etwa 200 Meterkerzen die Verschmelzungsfrequenz immer erst den Wert 54 annimmt. Die geringste bei der Kinematographie noch zulässige Beleuchtungsstärke wird ungefähr bei 10 Meterkerzen liegen; hierfür ergibt unsere Formel ohne weitere Rechnung die Verschmelzungsfrequenz 38.

Es liegen somit die für die Praxis in Betracht kommenden Werte für die Verschmelzungsfrequenz in dem Intervall von 38—54.

Es drängt sich nun die Frage auf, inwieweit erfüllen die bestehenden Konstruktionen von Kinematographenapparaten diese Forderung, d. h. liegt die Bildwechselfrequenz innerhalb des erwähnten Intervalles? Im allgemeinen ist das nun nicht der Fall; bei den meisten Konstruktionen liegt die Bildfrequenz etwa zwischen 15 und 25 pro Sekunde. Apparate mit größerer Frequenz, etwa bis 50 pro Sekunde, sind noch wenig verbreitet; ihre Konstruktion ist optisch und mechanisch mit Schwierigkeit verknüpft. Wir kommen später hierauf zurück.

Oft hat man sich auch so geholfen, daß man zwei synchron laufende Apparate auf den Schirm richtet und nun wechselweise die Bilder zweier identischer Films projiziert. Auf diese Weise erreicht man zwar eine Verdoppelung der Frequenz, aber auch dieses Verfahren ist, wie wohl einleuchtet, nicht ohne Schwierigkeit und auch kostspielig. Daß aber in der Tat moderne Kinematographenapparate besserer Konstruktion selbst bei geringer Bildwechselfrequenz, z. B. 15 pro Sekunde, flimmerlos arbeiten können, liegt daran, daß die

Digitized by Google

Verschmelzungsfrequenz noch von anderen Faktoren als der Bildfrequenz und der Intensität abhängig ist. Diese Faktoren wollen wir im folgenden kennen lernen. Es ist z. B. nicht gleichgültig, ob das Auge des Beobachters „dunkel adaptiert" ist oder nicht, d. h. die Verschmelzung wird durch den Adaptionszustand beeinflußt. Vollkommen dunkel adaptiert ist das Auge dann, wenn es mindestens 20 Minuten im Dunkeln geruht hat. Je mehr das Auge dunkel adaptiert ist, um so mehr tritt der oben erwähnte „Dunkelapparat", d. s. die Stäbchen der Netzhaut, in Tätigkeit, und um so geringer wird damit die zeitliche Unterscheidungsfähigkeit, wenigstens bei den hier in Betracht kommenden Beleuchtungsstärken von mehr als $^1/_4$ Meterkerze. Die Verschmelzungsfrequenz wird also mit wachsender Dunkeladaption geringer, d. h. das Flimmern der vom Kinematographen auf den Schirm geworfenen Bilder wird geringer, je besser der Raum, in welchem die Vorführung stattfindet, verdunkelt ist. Es sind mir allerdings genauere Messungen, welche die Abhängigkeit der Verschmelzung von dem Adaptionszustand zum Gegenstand haben, nicht bekannt, doch widerspricht immerhin obiges, von verschiedenen Seiten bestätigtes Resultat den in der Technik herrschenden Maßnahmen: man hat in letzter Zeit wiederholt versucht, die Vorführungen bei unverdunkeltem Raum zu veranstalten, natürlich unter Zuhilfenahme gewisser Vorrichtungen, die eine solche Maßnahme gestatten, worauf wir später in dem Kapitel über die Projektionsschirme zu sprechen kommen werden. Wenn nun auch andere mehr äußerliche Gründe für eine Beleuchtung der Räume sprechen, so sollte man doch besser davon absehen, denn solange die Kinematographenapparate noch nicht vollkommen die zur Verschmelzung nötige Frequenz zu geben imstande sind, sollte man doch lieber alles tun, um das Flimmern möglichst noch mehr zu verringern.

Richtig dagegen ist die Überlegung, welche folgender Konstruktion der rotierenden Blende zugrunde liegt, die wie oben erwähnt, den jeweiligen Bildtransport zu verdecken hat: durch Anbringen von weiteren kleineren Diaphragmen in der Scheibe wird erzielt, daß der Projektionsschirm niemals dunkel erscheint, ohne daß jedoch die Bildbewegung selbst sichtbar wird. Man erzielt hierdurch ein Abnehmen des Betrages der Lichtschwankung, welche durch das Wechseln der Bilder erzeugt wird. Nun haben aber die Versuche gezeigt, daß die Verschmelzung durch den abnehmenden Betrag der Schwankung bei konstanter oder nahezu konstanter mittlerer Intensität begünstigt wird; es wird also durch die beschriebene Blen-

Digitized by Google

denkonstruktion das Flimmern vermindert. Die mittlere Intensität wird hierbei nur unwesentlich erhöht. Natürlich könnte man das gleiche Resultat auch dadurch erreichen, daß man den Schirm durch eine vom Kinematographenapparat getrennte aber mit ihm synchron laufende Vorrichtung intermittierend beleuchtet. Hierbei wird offenbar das beste Resultat eintreten, wenn die durch beide Apparate erzeugten Gesamtbeleuchtungsstärken einander gleich sind, d. h. die Beleuchtungsstärken, welche in Summa über das ganze Bild herrschen. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch ein Verblassen oder Flauwerden der Bilder durch falsches Licht, d. h. solches Licht, das nicht zur Bildung der Abbildung mit beiträgt und daher störend wirkt. In gleicher Weise nimmt die Verschmelzungsfrequenz ab, wenn bei Konstanterhaltung des Umfanges oder Betrages der Schwankung die mittlere Intensität steigt, wenn also z. B. erst Lichter von den Stärken 0 und 100, dann 500 und 600, dann 900 und 1000 wechseln.

Abb. 19. Rotierende Scheibe nach Helmholtz zur Untersuchung der Abhängigkeit der Verschmelzung von der Einwirkungs- und Unterbrechungszeit.

Sehr bemerkenswert ist ferner die von v. Helmholtz gemachte Beobachtung, daß nämlich eine Änderung des Verhältnisses der Einwirkungs- zur Unterbrechungszeit auf die Verschmelzungsfrequenz von Einfluß ist. Hierbei ist die Stärke des einwirkenden Lichtes als konstant vorausgesetzt, so daß bei der Änderung des genannten Verhältnisses die resultierende Helligkeit mit geändert wird. v. Helmholtz ließ eine Scheibe rotieren, bei welcher die schwarzen Sektoren nach der Mitte, die weißen nach dem Rande zu breiter sind, wie nebenstehende Abb. 19 zeigt. Das Flimmern hört bei steigender Umlaufsgeschwindigkeit in allen Abteilungen der Scheibe nahezu gleichzeitig auf, also doch nicht gleichzeitig. Diese wichtige Tatsache konnte einem so scharfen Beobachter wie einem Helmholtz natürlich trotz dieses mehr als primitiven Hilfsmittels nicht entgehen. Zahlenmäßige Messungen sind jedoch von Helmholtz nicht angestellt worden.

Erst in neuester Zeit hat K. Marbe dieses Problem eingehender untersucht und auch Messungsresultate mitgeteilt. Seine Versuchsanordnung entspricht der kinematographischen Projektion, d. h. er beobachtet eine intermittierend beleuchtete Projektionswand. Die Unterbrechung des Strahlenganges wird durch rotierende Blenden erzielt, bei denen das Verhältnis des sektorenförmigen Ausschnittes

Digitized by Google

zum vollen Teile der Scheibe in verschiedener Weise gewählt wird, wodurch also das Verhältnis der dunklen Pause zur Beleuchtungszeit auf dem Schirm bei jedem Versuch verändert wird. Folgende Tabelle 3 gibt seine Resultate wieder:

Tabelle 3.

Relative Dauer des		Periodendauer in $^1/_{1000}$ Sek.	Verschmelzungsfrequenz n	relative Verschmelzungsfrequenz n'
hellen Impulses	dunklen Intervalles			
1	7	40	25,0	0,80
1	3	35,5	28,17	0,90
1	1	32	31,25	1,00
3	1	36,5	27,39	0,88
7	1	48	20,84	0,67

Die ersten beiden Kolumnen geben also das Verhältnis des hellen zum dunklen Sektor wieder, die dritte die von Marbe gemessene Periodendauer in $^1/_{1000}$ Sekunden, bei welcher das Flimmern aufhört. (Es sind hier die Mittel aus zwei verschiedenen Beobachtungen Marbes gebildet). In der vierten Kolumne habe ich die Verschmelzungsfrequenz n berechnet, die also die Anzahl der Perioden gibt, bei welchen das Flimmern aufhört. Nach dem früheren dürfte uns das Operieren mit n geläufiger und bequemer sein. Über die Beleuchtungsstärke, die bei den Versuchen auf dem Schirm herrschte, teilt Marbe nichts mit. Aber wir können aus unserer zweiten Formel auf Seite 27 leicht die zu dem Sektorenverhältnis 1 : 1 (nur für dieses Verhältnis gilt ja die Porterfelsche Gleichung) gehörige Beleuchtungsstärke ermitteln, es ergibt sich für obiges $n = 31{,}25$:

$$\log J = \frac{n - 26{,}21}{12{,}106}; \quad J = 2{,}6 \text{ Meterkerzen.}$$

Dieses Resultat dürfte dem wahren Wert sehr nahe kommen, denn Marbe verwendete eine elektrische Glühlampe. Der Wert 2,6 ist gegenüber der bei der kinematographischen Projektion üblichen Beleuchtungsstärke sehr klein (vgl. Tab. 2). Es ist wohl empfehlenswert, die Messungen noch auf eine normale Stufe, etwa 50 Meterkerzen, auszudehnen, denn es ist nicht ausgeschlossen, daß die Verschmelzungsfrequenz zu gleicher Zeit von dem Sektoren-

Digitized by Google

verhältnis und der Intensität abhängt. Aus Versuchen ähnlicher Art schließe ich nämlich, daß bei steigender Intensität die Verschmelzungsfrequenz immer weniger durch eine Veränderung des Sektorenverhältnisses beeinflußt wird. Solange aber noch keine weiteren Messungen vorliegen, wollen wir Marbes Zahlen verallgemeinern, d. h. annehmen, daß sie nicht von der Intensität abhängen. Wir können nun für die verschiedenen Sektorenverhältnisse die zugehörigen relativen Verschmelzungsfrequenzen n' bilden, indem wir für das Sektorenverhältnis 1 : 1 das $n = 1$ setzen. Wir erhalten damit die in Kolumne 5 der Tabelle 3 aufgezeichneten Werte. Noch übersichtlicher wird das Resultat, wenn wir ein Diagramm (Abb. 20) konstruieren, in welchem als Abszissen das Sektorenverhältnis v (hell: dunkel), und als Ordinaten n' aufzutragen. Ganz allgemein können wir natürlich ohne weiteres v als das Verhältnis der Belichtungszeit, während welcher das Bild exponiert wird oder stillsteht, zur dunklen Pause ansehen, während der das Bild weiter rückt. Die in Abb. 20 dargestellte Kurve gibt also bei konstanter Beleuchtungsstärke für jedes v an, mit welcher Zahl die bei $v = 1$ eintretende Verschmelzungsfrequenz multipliziert werden muß, um bei dem gewünschten v wieder Verschmelzung zu erreichen.

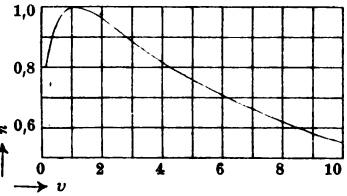


Abb. 20. Die Abhängigkeit der Verschmelzung vom Sektorenverhältnis.

Es zeigt sich nun, daß der ungünstigste Fall für $v = 1$ eintritt, wenn also die Belichtungszeit gleich der dunklen Pause ist. Für alle anderen v ist die Verschmelzungsfrequenz kleiner. Für die Praxis des Kinematographenbaues liegen aber die günstigeren Fälle auf dem rechten Kurvenast, vom Scheitel aus gerechnet, d. h. bei einer Vergrößerung der Belichtungszeit. Denn hierdurch tritt eine Steigerung der mittleren Helligkeit auf dem Projektionsschirm ein, was unmittelbar aus Talbots Gesetz hervorgeht, welches in der Helmholtzschen Fassung folgendermaßen lautet: „Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmäßig wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein kontinuierlicher Lichteindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn

Digitized by Google

das gesamte, während jeder Periode eintreffende Licht gleichmäßig über die ganze Dauer der Periode verteilt würde". Im anderen Falle, bei Vergrößerung der dunklen Pause, tritt natürlich eine Verminderung der mittleren Helligkeit, d. h. Lichtverlust ein.

Diese Tatsachen sind dem Praktiker schon seit etwa 10 Jahren geläufig. Die Gebr. Lumière in Lyon waren meines Wissens (wie auch in vielen anderen Fällen der photographischen und optischen Technik) die ersten, welche durch eine Vergrößerung der Belichtungszeit gegenüber der dunklen Pause das Flimmern zu vermindern suchten. Seitdem sind darin immer weitere Fortschritte gemacht worden. Wir werden im dritten Kapitel bei der Besprechung der Konstruktionstypen die Mittel hierzu kennen lernen. Freilich sind brauchbare Resultate nur ganz allmählich auf dem mühsamen Wege der Empirie erzielt worden. Wir können aber heute auf Grund unserer Tabellen 1, 2 und 3, oder unserer Formeln und unserer Diagramme bequem die günstigsten Bedingungen für die Konstruktion des Bewegungsmechanismus, der „Seele" des Kinematographenapparates, zahlenmäßig genau ermitteln und prüfen, wieweit die Forderungen der Theorie praktisch realisierbar sind.

Ein einfaches Beispiel soll uns über letztere Frage Aufschluß geben: Für eine normale Beleuchtungsstärke von 50 Meterkerzen auf dem Projektionsschirm hatten wir früher die Verschmelzungsfrequenz $n = 46{,}8$ ermittelt. Ferner hatten wir festgestellt, daß die Wechselfrequenz bei den gebräuchlichen Kinematographenapparaten, wenn nicht die Festigkeit des Materials von Film und Apparat zu sehr beansprucht werden soll, nur 15—25 pro Sekunde betragen darf. Um nun auch bei 25 Wechseln in unserem Beispiel Verschmelzung zu erreichen, brauchen wir nur 25 durch 46,8 zu dividieren: es ergibt sich 0,53. Für diese Zahl erfolgt aber aus unserem Diagramm (Abb. 20) die Belichtungszeit 10, d. h. die dunkle Pause während des Bildtransportes darf nur $^1/_{10}$ von der Belichtungszeit betragen. Es hat sich nun gezeigt, daß der Wert $v = 10$ praktisch kaum erreichbar ist, ohne die Festigkeitsgrenzen des Materials zu überschreiten. Denn der Ruck, welchen Film und Mechanismus in diesem Falle erhalten, ist ganz gewaltig; seine Zeitdauer beträgt ja nur $^1/_{500}$ Sekunde, was eine starke Bremsung und Zugkraft am Film erfordert, um die Bewegung präzis zu erhalten. Man ist also gezwungen, ein kleineres v anzuwenden; meist hat man jetzt $v = 3$ bis 4 gewählt.

Auf diese Weise allein erreichte man nun nicht die erforderliche

Digitized by Google

Verschmelzungsfrequenz, und man war gezwungen, auf ein anderes Mittel zur Erreichung dieses Zieles zu sinnen. Der findige Praktiker hat sich nun dadurch geholfen, daß er nicht die Bildwechselfrequenz, sondern die Lichtwechselfrequenz vergrößert. Er erzielt das einfach dadurch, daß er an der rotierenden Blendenscheibe, die bisher nur einen offenen und einen geschlossenen Sektor enthielt, welch letzterer den Bildtransport verdeckt, innerhalb des offenen Sektors noch einen oder mehrere schmälere dunkle Sektoren anbrachte. Es leuchtet wohl ohne weiteres nach den früheren Erörterungen ein, daß hierdurch eine ähnliche Wirkung erzielt wird, als wenn die Bildwechselfrequenz vergrößert würde. Freilich geschieht das auf Kosten der „mittleren Helligkeit", jedoch wird der Lichtverlust (gegenüber dem Fall $v = 1$) dadurch ziemlich wieder ausgeglichen, daß v größer als 1 gewählt wird, etwa gleich 3 oder 4, wodurch ja ein Lichtgewinn erzielt wird, wie wir oben sahen.

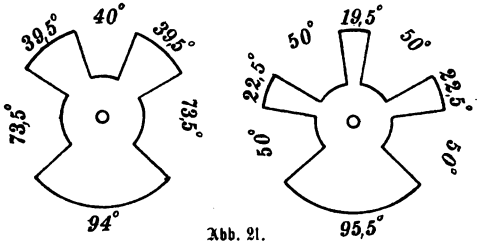


Abb. 21.

A. Blendenscheibe nach Ernemann.

B. Blendenscheibe nach Liesegang.

Das Problem der rotierenden Blendenscheibe ist theoretisch bisher noch nicht erschöpfend behandelt worden. Doch scheint mir aus Marbes Messungen soviel hervorzugehen, daß dann der günstigste Fall, d. h. die kleinste Verschmelzungsfrequenz, erzielt wird, wenn die Sektoren der Größe und Lage nach möglichst gleichmäßig auf der Scheibe verteilt sind, etwa derart, daß die Wirkung um so günstiger wird, je näher der Schwerpunkt des Sektorensystems der Drehungsachse liegt. Wenigstens scheint das für dreigeteilte Sektorenscheiben zu gelten. So hat z. B. Scheibe *A* (Abb. 21), die dem Ernemannschen Modell entspricht, eine geringere Verschmelzungsfrequenz als Scheibe *B*, die einen Liesegangschen Typus darstellt. Doch ist bei letzterer dafür die mittlere Helligkeit ca. 7% höher, wie einfach aus der Addition der Winkelgrade für die hellen Sektoren folgt.[1]) Der größere geschlossene Sektor, der bei obigen

1) Es mag hier bemerkt werden, daß die Firma Liesegang diese vierteilige Blendenscheibe nur an einem kleineren Kinomodell und nur kurze Zeit ausgeführt hatte, und jetzt wieder durchweg die dreiteilige Blende verwendet.

Digitized by Google

Modellen je einen Winkel von 90^0 umfaßt, dient zur Verdeckung des Bildtransportes, der hier etwa den dritten Teil der Zeit beträgt, während der das Bild still steht, d. h. also hier ist $v = 3$, was nach Tabelle 3 eine Verminderung der Verschmelzungsfrequenz auf 0,88 seines Wertes für $v = 1$ entspricht. Eine weitere Verminderung tritt dann also durch Wirkung der übrigen kleinen Sektoren ein, doch lassen sich Zahlen hierfür noch nicht angeben, da bei Marbes Messungen die Intensitätsbestimmungen der Beleuchtungsstärke fehlen.

Die aus den bisherigen Beobachtungen folgenden und für unseren Fall in Betracht kommenden Gesetzmäßigkeiten lassen sich nun etwa dahin mathematisch zusammenfassen, daß ganz allgemein die Verschmelzungsfrequenz n eine Funktion sowohl der Beleuchtungsstärke J ist, als auch des Verhältnisses v der Zeitdauern zwischen dem hellen und dem dunklen Intervall:

$$n = f(J, v);$$

Hiervon sind aber genau angebbar nur die beiden Fälle:

1. $n = f(J, v)$ für $v = \text{konst.} = 1$ (Gleichungen auf Seite 27 oder Abb. 18)
2. $n = f(J, v)$ für $J = \text{konst.} = 2{,}6$ Meter-Kerzen (Abb. 20)

Machen wir dagegen, wie wir es oben getan haben, die Hypothese, daß v unabhängig von J ist, so gilt

$$n_{v=1} = F(J); \quad n' = \frac{n}{n_{v=1}} = f(v); \quad n = n_{v=1} \cdot f(v);$$

und daraus folgt schließlich $n = F(J) \cdot f(v)$, worin $F(J)$ durch die Gleichungen auf Seite 27 und $f(v)$ durch Abb. 20 dargestellt werden. Auf andere Faktoren, von denen die Verschmelzungsfrequenz noch abhängig ist, soll hier nicht eingegangen werden. Ihre Hinzuziehung ist nur ein Notbehelf, und die eigentlichen Konstruktionen der Apparate sind von ihnen unabhängig.

Schließlich verdient noch hervorgehoben zu werden, daß es für die Verschmelzungsfrequenz gleichgültig ist, ob der Lichtwechsel in dem ganzen beobachteten Felde gleichzeitig erfolgt (wie bei dem Kinematographenapparat) oder ob die Grenze zwischen Hell und Dunkel über die Netzhaut hinläuft (wie bei der direkten Betrachtung der rotierenden Scheibe mit hellen und dunklen Sektoren), d. h. also, es können die durch letztere Methoden gewonnenen Gesetze auf die Kinematographie übertragen werden.

Digitized by Google

Alle bisher erwähnten Gesetze bezogen sich auf Beobachtungen mit weißem Licht. Zerlegt man dagegen dieses weiße Licht in sein Spektrum, und sucht man die Verschmelzungsfrequenz für die einzelnen Farben, so erhält man nach dem Vorgang von M. A. Porter dieselbe Kurve, welche die relative Helligkeitsmessung der einzelnen Spektralfarben ergibt. Die Verschmelzung kann daher direkt als Maß bei der Helligkeitsvergleichung verschiedenfarbigen Lichtes dienen, worauf die sogenannte „Flimmerphotometrie" beruht. Es zeigte sich nämlich, daß die größte Frequenz dem Gelb zukommt, während sie nach beiden Seiten, nach dem Rot und nach dem Violett zu, abnimmt. Der Grund für diese Erscheinung ist also lediglich die Tatsache, daß die Spektralfarben dem Auge nicht gleich hell erscheinen. Auch bei der Kinematographie bedient man sich heute gefärbter Films, um besondere Effekte zu erzielen. Hierbei ist auch die Beobachtung gemacht worden, daß bei gefärbten Films das Flimmern nicht so stark auftritt als bei farblosen. Das kommt eben daher, daß weißes Licht heller ist als farbiges, das durch Vorschalten eines Strahlenfilters erzielt wird. Am günstigsten wirkt nach obiger Darlegung Blauviolett, dann kommt der Reihe nach reines Blau, reines Grün, dunkles Rot, Gelbgrün, Orange, und zuletzt Gelb, aber natürlich auf Kosten der Helligkeit, derart, daß die Farbe mit der geringeren Verschmelzungsfrequenz auch die geringere Helligkeit besitzt.

Im Anschluß an die soeben gegebene Behandlung der Gesetze über die Verschmelzung kurz dauernder optischer Reize möge hier die Darstellung eines ganz ähnlichen Phänomenes Platz finden, welches nach meiner Vermutung in den meisten Fällen mit dem oben beschriebenen Flimmern verwechselt werden dürfte, und das aber im Gegensatz zu letzterer Erscheinung, die physiologischer Natur ist, einen rein optischen oder vielleicht besser mechanischen Charakter trägt.

Die in Frage stehende Erscheinung kann leicht an einem allgemeinen Beispiel erklärt werden: Betrachtet man einheitliche bewegte Gegenstände, z. B. einen Finger, oder einen senkrecht zu seiner Längsrichtung bewegten Stock, bei der intermittierenden Beleuchtung eines Geislerrohres oder einer Wechselstrombogenlampe, wie sie in vielen Städten üblich sind, so bemerkt man zunächst bei nicht allzurascher Bewegung keinen Unterschied gegenüber der Bewegung bei kontinuierlicher Beleuchtung, d. h. die bewegten Gegenstände beschreiben auf der Netzhaut des Auges, das der raschen Bewegung der Gegenstände in seinen Muskelbewegungen nicht schnell genug

Digitized by Google

folgen kann, das bekannte zusammenhängende Band. Von einer bestimmten Geschwindigkeit an löst sich jedoch das Band auf, die bewegten Gegenstände werden scheinbar im Raume ruhig stehend und zu gleicher Zeit vervielfältigt gesehen. Sorgt man dafür, daß die Periode der intermittierenden Beleuchtung genügend lang ist, so tritt von einer bestimmten Geschwindigkeit ab ebenfalls eine Auflösung des zusammenhängenden Bandes in einzelne Bilder auf, doch scheint jetzt der bewegte Gegenstand nicht mehr still zu stehen, sondern sich *sprungweise* zu bewegen. Die für den Eintritt dieser Erscheinung nötige Geschwindigkeit der Bewegung des Gegenstandes läßt sich aus einer einfachen geometrischen Betrachtung leicht ableiten: *Eine Auflösung des zusammenhängenden Bandes in einzelne scharfe Bilder tritt nämlich dann ein, wenn die Winkelgeschwindigkeit des betrachteten Gegenstandes innerhalb einer Lichtwechselperiode größer als der scheinbare Durchmesser des Gegenstandes ist.*

Dasselbe Gesetz gilt auch für die kinematographische Projektion. Kommen relativ langsame Bewegungen zur Darstellung, wie z. B. eine gehende Person, aus *größerer Entfernung* aufgenommen, und ist die Bildwechselfrequenz genügend hoch, so erhält man ganz den Eindruck einer kontinuierlichen Bewegung. Wenn sich dagegen z. B. Personen *dicht vor dem Aufnahmeobjektiv* vorbeibewegt haben, so tritt der Charakter der ruckweisen Bewegung auf. Sind dann diese Personen noch hell gekleidet, oder vielmehr in einer Farbe gekleidet, die gegen den Hintergrund in der Helligkeit stark kontrastiert, so erweckt der Eindruck der scheinbar ruckweisen Bewegung, falls die Wechselfrequenz nicht genügend hoch ist, die unangenehme Empfindung des Flimmerns, die genau so wirkt wie die früher beschriebene. Bei genügend hoher Frequenz dagegen verschwinden zwar die unangenehmen Begleiterscheinungen des Flimmerns, aber die dargestellte Bewegung behält bei genügender Geschwindigkeit den *diskontinuierlichen* Charakter, d. h. das Bild des Gegenstandes wird während der Dauer des dargestellten Bewegungsvorganges zu gleicher Zeit vervielfacht gesehen. In einem solchen Falle kann der Eindruck der vorzutäuschenden Bewegung vollkommen verwischt werden, ja es kann sogar eine scheinbare Bewegung in entgegengesetzter Richtung gesehen werden.

Derartige Erscheinungen kann man daher als „*Vortäuschung falscher Bewegungen*" bezeichnen. Sie treten hauptsächlich bei der kinematographischen Synthese *periodischer* Bewegungen auf.

Digitized by Google

Hierher gehört z. B. auch die von Faraday beschriebene Gesichtstäuschung, die durch rotierende Schrauben hervorgebracht wird. Hierbei glaubt man die Schraubengänge längs der Achse fortwandern zu sehen. Dieses und ähnliche Beispiele haben wir ja schon oben auf Seite 23 betrachtet. Das bekannteste und am meisten erörterte Beispiel ist wohl die Erscheinung, welche bisweilen bei der Darstellung fahrender Wagen auftritt. Hierbei sieht man öfters, daß die Räder scheinbar stillstehen und schleifen, oder sich sogar rückwärts drehen. Die Erklärung dieses auffallenden Phänomenes ist sehr einfach: Zwischen je zwei Aufnahmen in der kinematographischen Kamera hat sich das Rad um ein Stück weiter gedreht. Es kann nun der Fall eintreten, daß während dieser Zeit eine Speiche genau an die Stelle einer anderen getreten ist. Da nun alle Speichen des Rades dieselbe Form und Größe haben, so erscheint das Rad auf allen Teilbildern immer in derselben Bewegungsphase, d. h. es scheint stillzustehen. Es kann ferner der Fall eintreten, daß zwischen je zwei Aufnahmen das Rad sich genau um den halben Abstand zweier Speichen dreht. In diesem Falle kann bei geringer Bildwechselfrequenz des Apparates ein Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen, oder ein Pendeln des Rades um seine Achse gesehen werden; diese Erscheinung ist subjektiv, es kann vom Willen des Beobachters abhängig gemacht werden, welche Bewegung gesehen werden soll. Bei größerer Bildwechselfrequenz jedoch scheint das Rad stillzustehen, aber es hat jetzt scheinbar die doppelte Anzahl von Speichen. Es kann aber auch eine weitere scheinbare Vervielfältigung der Speichenanzahl und ein Stillstehen des Rades eintreten, und zwar geschieht das ganz allgemein dann, wenn die Teilaufnahmen bei jeder Drehung des Rades um den Speichenabstand immer wieder in derselben Stellung der Speichen geschehen, d. h. wenn die Bildwechselfrequenz des Apparates und die Geschwindigkeit, mit der sich das Rad um einen oder mehrere Speichenabstände dreht, und damit auch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades kommensurabel sind. Erforderlich für das Eintreten des scheinbaren Stillstandes ist eine genügend hohe Frequenz von Rad und Apparat, bzw. eine genügend hohe Speichenzahl. Ist letzteres nicht der Fall, so unterscheidet sich der Fall der Kommensurabilität nicht von dem der Inkommensurabilität, d. h. es wird ein Drehen des Rades gesehen. Im Falle der Inkommensurabilität tritt jedoch bei jeder beliebigen Frequenz und zwingend, d. h. unabhängig vom Willen des Beobachters, das Sehen von Bewegung ein.

Digitized by Google

Welche Bewegungsrichtung nun in den letzten beiden Fällen wahrgenommen wird, geht aus folgender Überlegung hervor: Ein Vorwärtsdrehen wird gesehen, falls das Bild einer Speiche jedesmal in die Nähe und vor ihr zeitlich vorhergehendes eigenes Bild oder das einer Nachbarspeiche fällt, eine Rückwärtsbewegung dagegen dann, wenn das Speichenbild hinter ihr zeitlich vorhergehendes eigenes oder ein Nachbarbild fällt, „vor" und „hinter" in bezug auf die wirkliche Drehungsrichtung des Rades gedacht. In Abb. 22 sind je zwei aufeinanderfolgende Phasen einer Raddrehung aufgezeichnet (in der Reihenfolge 1 [ausgezogen] und 2 [gestrichelt] zu denken), und zwar würde bei der Vorführung der weiteren Phasen bei *A* Drehung nach rechts, bei *B* Drehung nach links gesehen werden.

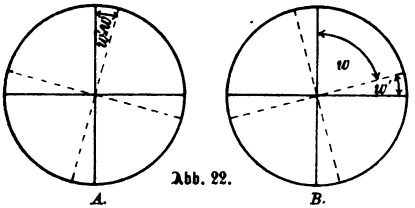


Abb. 22.
Schema der scheinbaren Rechts- und Linksdrehung eines Rades.

Über die Größe der scheinbaren Winkelgeschwindigkeit des Rades läßt sich folgendes aussagen: Fallen die Speichenbilder in die Nähe ihrer eigenen zeitlich vorausgehenden Bilder, so ist die scheinbare Winkelgeschwindigkeit gleich der wirklichen des sich drehenden Rades (Abb. 22 A), fallen die Speichenbilder dagegen in die Nähe der zeitlich vorausgehenden Bilder der Nachbarspeichen, so ist die scheinbare Winkelgeschwindigkeit kleiner als die wirkliche (Abb. 22 B), und zwar um so kleiner, je näher das Speichenbild der Nachbarspeiche zu liegen kommt. Eine Verkleinerung der scheinbaren Winkelgeschwindigkeit gegenüber der wirklichen tritt ferner auch in allen den Fällen ein, wo sich zwischen zwei aufgenommenen Phasen das Rad um mehr als einen Speichenabstand gedreht hat, und zwar ist die Verkleinerung um so stärker, je mehr Abstände übersprungen werden. Bei der Rückwärtsbewegung ist die scheinbare Winkelgeschwindigkeit stets kleiner als die wirkliche. Eine scheinbare Vergrößerung der Winkelgeschwindigkeit ist unmöglich. In Wirklichkeit wird nun ein Wagen während einer kinematographischen Aufnahme nicht immer mit konstanter Geschwindigkeit fahren; es kann daher der Fall eintreten, namentlich beim Anfahren wird das geschehen, daß bei der Vorführung der Aufnahmen die Räder sämtliche oben beschriebene Stadien durchlaufen.

Digitized by Google

Etwas übersichtlicher werden die Bedingungen für den Eintritt der verschiedenen Fälle, wenn wir sie mathematisch formulieren. Ich habe das in folgendem Schema getan. Hierin bedeutet g' die scheinbare, g die wirkliche Geschwindigkeit des Rades; w' ist der Winkel zwischen einem Speichenbild und dem zeitlich vorausgehenden nächstliegenden Speichenbild, w der Winkel, um den eine Speiche zwischen zwei Aufnahmen wirklich gedreht wird. Zwischen diesen 4 Größen besteht die Beziehung:

$$\frac{g}{g'} = \frac{w}{w'}; \quad w \gtrless w'.$$

Ferner ist a der Winkel, den zwei aufeinanderfolgende Speichen miteinander bilden.

Dann gilt zunächst allgemein:

1. $(2n-1)\frac{a}{2} > w > (2n-2)\frac{a}{2}$ . . . . . Vorwärtsbewegung { für $n=1$ ist $g' = +g$; „ $n>1$ „ $g' < +g$ }
2. „ „ $< w <$ „ „ . . . . . Rückwärtsbewegung . . . . . $g' < +g$

$n = 1, 2, 3 \ldots$

Für die speziellen Fälle gilt:

3. $w = n \cdot a$; $\{n = 1, 2, 3 \ldots\}$ . . . . . { Stillstand (Speichenzahl einfach) } $w' = 0$, $g' = 0$

4. $w = (2n-1)\frac{a}{2}$, $n = 1, 2, 3 \ldots$

. . . . . { Stillstand mit Verdopplung der Speichen (bei hoher Frequenz) } $w' = 0$, $g' = 0$

. . . . . { labiles Gleichgewicht, d. h. Pendeln oder vom Willen des Beobachters abhängige Vor- und Rückwärtsbewegung (bei genügend geringer Frequenz) } $w' = w$, $g' = \pm g$

5. $w = \left(m + \frac{1}{n}\right)a$, $\{m = 0, 1, 2, 3 \ldots\}$, $\{n = 3, 4, 5 \ldots\}$

. . . . . { Stillstand mit Ver-n-fachung der Speichen (bei hoher Frequenz) } $w' = 0$, $g' = 0$

. . . . . { Vorwärtsdrehen (bei geringer Frequenz) } $w' = +\frac{a}{n}$, $g' = +g \cdot \frac{1}{mn+1}$

Digitized by Google

$$6.\ w = \left(m - \frac{1}{n}\right) a \begin{cases} \dots\dots\dots\dots & \left\{\begin{array}{l}\text{Stillstand mit Ver-}n\text{-}\\ \text{fachung der Spei-}\\ \text{chen (bei hoher}\\ \text{Frequenz)}\end{array}\right\} \begin{array}{l} w' = 0 \\ g' = 0 \end{array} \\ \left\{\begin{array}{l} m = 1, 2, 3 \dots \\ n = 3, 4, 5 \dots \end{array}\right\} & \\ \dots\dots\dots\dots & \left\{\begin{array}{l}\text{Rückwärtsdrehen}\\ \text{(bei geringer}\\ \text{Frequenz)}\end{array}\right\} \begin{array}{l} w' = -\dfrac{a}{n} \\ g' = -g \cdot \dfrac{1}{mn-1} \end{array} \end{cases}$$

Ich habe hier dieses merkwürdige Phänomen absichtlich etwas ausführlicher behandelt, als es bisher in der Literatur geschehen ist, weil ich diese Erscheinung als einen weiteren außerordentlich schlagenden Beweis von Linkes Theorie ansehe, daß die stroboskopischen Erscheinungen als Täuschungen des Identitätsbewußtseins aufzufassen sind. Denn die scheinbar rückläufige Bewegung bzw. der Stillstand des Rades tritt nur aus dem Grunde ein, weil wir verschiedene Speichen, die ja alle ganz gleich aussehen, miteinander identifizieren, und zwar immer diejenigen, welche einander am nächsten liegen.

Diese letztere Tatsache aber scheint mir auf einem weiteren psychologischen Prinzip zu beruhen, das bisher wohl noch wenig beachtet worden ist, nämlich dem „Prinzip des kürzesten Weges". Ein analoges Prinzip ist ja z. B. aus der Physik bekannt, und es scheint so, als ob dieses Naturprinzip auch in der Psychologie Gültigkeit besitzt.

Durch dieses hier also auf ein psychologisches Problem übertragene Prinzip läßt sich nämlich erst die absolute Zwangläufigkeit erklären, mit der die falschen oder richtigen Bewegungen gesehen werden.

Freilich bei Zuständen, die sich im oder nahezu im labilen Gleichgewicht befinden, wie unser Beispiel etwa im Fall 4) zeigt, tritt noch der Faktor des persönlichen Willens, im physikalischen Sinne etwa eine ablenkende Kraft, hinzu, welche einer Kraft, die dem Prinzip des kürzesten Weges entspricht, die Wage hält oder sie überwindet. In dem Falle des „labilen" Gleichgewichtes tritt also das Prinzip des kürzesten Weges außer Kraft, d. h. das Sehen der Bewegung ist nicht mehr „zwangläufig".

Von der früher beschriebenen „echten" oder „eigentlichen" Flimmererscheinung, die sich auf das ganze Bild als ruhende Fläche erstreckt, unterscheidet sich das zuletzt auf Seite 38 beschriebene, am einfachsten

Digitized by Google

als „unechtes" Flimmern zu bezeichnende Phänomen zunächst dadurch, daß es sich nur auf die bildliche Darstellung von bewegten Objekten erstreckt. Während ferner das echte Flimmern auch bei geringer Wechselfrequenz durch eine geeignete Konstruktion des Kinematographenapparates vermieden werden kann, die einen kontinuierlichen Bildwechsel ermöglicht, derart, daß eine Lichtschwankung oder gar Verdunkelung des Projektionsschirmes überhaupt nicht mehr eintritt (derartige Konstruktionen sollen später beschrieben werden), ist dies bei dem unechten Flimmern nicht mehr möglich. Das unechte Flimmern kann nur durch Erhöhung der Wechselfrequenz vermieden werden.

Wenn die Wechselfrequenz genügend hoch ist, so erscheint also die vorgetäuschte Bewegung, die in natura eine kontinuierliche ist, auch im Bilde als kontinuierlich, und man kann in diesem Sinne auch beim unechten Flimmern von einer Verschmelzungsfrequenz sprechen, doch ist diese hier nur abhängig von der relativen oder Winkelgeschwindigkeit der darzustellenden Bewegung.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Kinematographie in natürlichen Farben. Das Problem der Farbenphotographie ist bekanntlich in mannigfacher Weise gelöst worden; aber gerade dieser Umstand scheint einesteils auf die noch unvollkommene technische Abrundung des Problems, andernteils auf die großen Schwierigkeiten, mit denen die ideale Lösung verknüpft ist, hinzuweisen. Die Forderungen, welche eine solche ideale Lösung stellt, sind bisher überhaupt noch durch keine reelle Lösung auch nur annähernd erfüllt worden; vorläufig gelingt es immer nur einige wenige Aufgaben, die das Problem stellt, zu gleicher Zeit zu lösen, so daß man gezwungen ist, je nach dem verfolgten Ziele das Verfahren zu wechseln. Will man z. B. unmittelbare Kopien von farbigen Originalen haben, so bedient man sich des einfachen, allerdings noch unvollkommenen „Ausbleichverfahrens"; erstrebt man eine Wiedergabe der kontinuierlichen Skala homogener Farben und überhaupt nach besonderer Leuchtkraft der Farben, so wird man die Interferenzfarbenphotographie nach Lippmann anwenden. Die größte Verwendungsmöglichkeit hat ferner bisher das Prinzip der Dreifarbenphotographie geboten, auf ihm beruht z. B. die Pinatypie, welche farbige Papierkopien anzufertigen gestattet; ferner ein ausgedehnter Industriezweig, der Dreifarbendruck, mittels welchem mehr oder weniger künstlerische Reproduktionen von Gemälden usw. hergestellt werden; ferner Lumières geniale Erfindung, die Auto-

Digitized by Google

chromplatte, welche dem Amateur in einfacher Weise Farbenstudien nach der Natur anzustellen gestattet, die unter Umständen selbst künstlerisch geschulte Augen befriedigen; und schließlich die additive Dreifarbenprojektion, welche in letzter Zeit z. B. von A. Miethe und der Firma Carl Zeiß in Jena vervollkommnet wurde. Letzteres Verfahren ist unbedingt dort von Vorteil, wo es sich um objektive Darstellungen in künstlerischer Vollendung und größtem Maßstabe handelt. Aus diesem Grunde kann bei der kinematographischen Projektion auch nur zuletzt erwähntes Verfahren zur Anwendung kommen, da es sich ja hier um ziemlich starke Vergrößerungen handelt. Alle anderen Verfahren würden hauptsächlich der Lichtschwäche wegen versagen.

Ist nun schon an sich die Lösung des Problemes der Farbenphotographie mit Schwierigkeiten verbunden, so wird dies in noch höherem Maße bei seiner Anwendung in der Kinematographie der Fall sein. Tatsächlich sind auch die positiven Erfolge hierbei noch recht spärlich; aber daß sehr eifrig auf diesem Gebiete gearbeitet wird, zeigen die vielen Patentanmeldungen nach dieser Richtung. Wir wollen daher unser Thema auch nur kurz behandeln.

Zunächst sei über die physiologischen Grundlagen der Dreifarbenphotographie folgendes bemerkt: Das Verfahren lehnt sich an die Young-Helmholtzsche Theorie der Farbenwahrnehmung an. Nach dieser ist die Empfindung des Auges eine dreifache in bezug auf Farben: Man unterscheidet eine Rot-, eine Grün- und eine Blauempfindung. Je nach der spektralen Zusammensetzung der erregenden Lichtstrahlen tritt eine der drei Komponenten oder eine Mischung derselben in den verschiedensten Intensitätsverhältnissen in Wirkung, wodurch die Empfindung von gesättigten oder reinen Farben oder von Mischfarben, wozu nach der Young-Helmholtzschen Theorie auch Weiß und Grau gehören, vermittelt wird. Dementsprechend werden von dem aufzunehmenden Gegenstande 3 Aufnahmen hergestellt, und zwar eine durch ein Rotfilter, eine zweite durch ein Grün- und eine dritte durch ein Blaufilter. Hierdurch wird also jeder Lichtstrahl, den das Objekt aussendet, in eine rote, eine grüne und eine blaue Komponente von im allgemeinen verschiedener Intensität zerlegt. Hierdurch werden also auf den drei so entstandenen Teilbildern zunächst lediglich die Helligkeitswerte des Objektes in bezug auf die drei Komponenten Rot, Grün und Blau registriert. Von diesen „negativen" Teil-

Digitized by Google

bildern werden nun bei dem für uns in Betracht kommenden Falle Diapositive angefertigt und deren stark vergrößerte Bilder werden durch eine geeignete optische Vorrichtung, den „Dreifarbenprojektionsapparat", auf dem Schirm zur genauen Deckung gebracht, nachdem das durch jedes Teilbild tretende Lichtbündel vorher durch ein Strahlenfilter der Theorie entsprechend gefärbt wird. Die hierdurch erzielte Wirkung ist eine additive, d. h. die richtige Farbe des abgebildeten Gegenstandes wird durch Addierung der hinsichtlich ihrer Intensität entsprechend variierten Komponenten hervorgebracht.

Bei der Kinematographie tritt nun zu dem an sich schon empfindlichen und verhältnismäßig komplizierten Mechanismus noch eine der soeben erwähnten entsprechende Vorrichtung, und zwar sind hier zwei voneinander verschiedene Verfahren möglich, nämlich einmal die Methode der zeitlich getrennten, und ferner die Methode der gleichzeitigen Projektion der Teilbilder.

Das Verfahren der zeitlich getrennten Projektion der Teilbilder gestattet die Verwendung der gewöhnlichen Kinematographenapparate mit nur relativ geringfügigen Änderungen. Es werden hierbei die den drei Grundempfindungen entsprechenden Teilbilder auf den für Rot und Grün sensibilisierten Film (der gewöhnliche Film ist nur blauempfindlich) unter Einschaltung der Farbenfilter zeitlich hintereinander aufgenommen. Die Farbenfilter sind hierbei je nach der Konstruktion entweder unmittelbar mit dem Film als zusammenhängendes Band verbunden oder als Plangläser in einer vor dem Objektiv rotierenden Scheibe enthalten. Die objektive Wiedergabe geschieht mit Apparaten ganz entsprechender Konstruktion. Der Eindruck der natürlichen Farbe wird nun bei der Wiedergabe eines zunächst als ruhend angenommenen Objektes in der Weise vermittelt, daß die den drei Grundempfindungen entsprechenden Komponenten dem Auge zeitlich getrennt zugeführt werden, jedoch muß dies in einer so raschen Aufeinanderfolge geschehen, daß die Verschmelzungsfrequenz erreicht wird. Diese liegt, wie wir ja früher sahen, bei den farbigen Lichtern tiefer als bei dem weißen Licht. Wird aber diese Verschmelzungsfrequenz nicht vollkommen erreicht, so tritt, wie Verfasser experimentell feststellte, bei dem beschriebenen Verfahren ein fast unerträgliches Flimmern auf. Der Grund hierfür ist der Umstand, daß zu dem eigentlichen Flimmern noch der sogenannte „Wettstreit der Farben" tritt. Letztere Erscheinung ist eine Folge des Farbenwechsels; erfolgt nämlich der Wechsel so langsam, daß die einzelnen Farbenkompo-

Digitized by Google

nenten gerade noch getrennt wahrgenommen werden, so herrscht bald die eine, bald die andere der Grundempfindungen während mehrerer Wechsel, aber unregelmäßig, vor. Erst bei höherer Frequenz tritt eine Verschmelzung der Farben ein. Bei der auf Seite 37 erwähnten Flimmerphotometrie zeigte sich nun, daß die Intensitäten zweier Farben nahezu gleich sein müssen, wenn die Farben verschmelzen sollen. Für das Verschmelzen dreier Farben kann man wohl ebenfalls annehmen, daß Gleichheit der Intensität herrschen muß. — Bei der Wiedergabe rasch bewegter Objekte erfolgt die Verschmelzung der Farben nicht so bald, denn es ist wohl ohne weiteres klar, daß bei dem beschriebenen Verfahren die Bewegungsphasen in den einzelnen Grundfarben, also noch nicht in den Mischfarben, erscheinen müssen. Es ist das eine dem früher beschriebenen „unechten" Flimmern ganz analoge Erscheinung, und für die Beseitigung bzw. Milderung ihrer unangenehmen Wirkung gelten ganz dieselben Regeln.

Wir haben somit bisher drei Arten von Flimmererscheinungen, die bei Kinematographenapparaten auftreten können, kennen gelernt: Das eigentliche oder echte Flimmern, das von der auf dem Schirm herrschenden Beleuchtungsstärke abhängig ist, und das nur bei Apparaten mit ruckweise bewegtem Film auftritt; das unechte Flimmern, welches durch eine allzugroße Winkelgeschwindigkeit der Objekte hervorgerufen wird, und schließlich das durch den Wettstreit der Farben verursachte Flimmern. Letztere beiden Arten können auch bei Apparaten mit kontinuierlicher Filmbewegung auftreten.

Wie bereits erwähnt, tritt eine Verschmelzung farbiger Lichter eher ein, als bei weißem Licht, und aus diesem Grunde wird man wohl auch von einer wesentlichen Erhöhung der Wechselfrequenz bei der Methode der zeitlich getrennten Teilbilder absehen können; eigentlich müßte man hier ja als Bildwechsel jeden dreimaligen Wechsel der Teilbilder auffassen, so daß damit die Ablaufgeschwindigkeit des Filmbandes und damit seine Länge eine drei Mal größere sein müßte als wie bei der gewöhnlichen Kinematographie, was aber infolge des Verhaltens unseres Auges gegenüber farbigem Lichte nicht nötig ist.

Bei dem „Verfahren der gleichzeitigen Projektion der Teilbilder" fällt zunächst natürlich der „Wettstreit der Farben" gänzlich fort. In dieser Hinsicht ist dieses Verfahren also das korrektere, aber dafür sind die konstruktiven Schwierigkeiten hier die größeren. Zunächst erfordert die Projektionseinrichtung für jedes der Teilbilder ein Objektiv und demgemäß auch eine dreigeteilte Beleuchtungsvorrichtung. Dabei können die Teilbilder entweder

Digitized by Google

hintereinander auf dem Film oder nebeneinander auf dem entsprechend verbreiterten Film angeordnet sein. Letzterer Konstruktion ist wohl der Vorzug zu geben wegen der geringeren Filmgeschwindigkeit. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, die drei Teilbilder auf dem Schirm immer optisch in Deckung zu erhalten. Um das zu ermöglichen, muß die Aufnahme in zweckentsprechender Weise erfolgen. Der Aufnahmeapparat kann entweder ebenfalls mit drei Objektiven ausgerüstet sein, die je nach Anordnung der Teilbilder auf dem Film über- oder nebeneinander stehen und mit den entsprechend gefärbten Strahlenfiltern versehen sind, oder es kann nur ein Aufnahmeobjektiv verwendet werden, wobei dann der Strahl durch eine optische Vorrichtung in drei Teile zerlegt und den entsprechenden Filmstellen zugeführt wird. Letzteres Verfahren ist zwar das lichtschwächere, aber das richtigere, denn bei Verwendung von drei Objektiven sind die drei Teilbilder infolge des Abstandes der drei Objektive voneinander im Vordergrunde nicht ganz identisch, so daß hier eine vollkommene Deckung nicht erreicht werden kann. Doch wenn dieser Objektivabstand durch geeignete Mittel auf ein Mindestmaß reduziert wird und die nächsten aufzunehmenden Gegenstände genügend weit entfernt sind, so wird dieser Fehler im allgemeinen nicht stark auftreten können. Übrigens läßt sich die oben beschriebene Vorrichtung zur Aufnahme mit einem einzigen Objektiv ebenfalls zur Projektion verwenden.

An dieser Stelle mag noch ein anderes Verfahren Erwähnung finden, welches bei der Kinematographie auch schon Verwendung gefunden hat, nämlich die sogenannte „Zweifarbenphotographie". Hierbei werden in ähnlicher Weise wie es soeben bei der Dreifarbenphotographie beschrieben wurde, Teilbilder zur Deckung gebracht, jedoch nur zwei, und zwar müssen diese, ebenfalls durch Verwendung von Strahlenfiltern, komplementär gefärbt sein. Dieses Verfahren stellt jedoch nur einen minderwertigen Ersatz der Dreifarbenphotographie dar und kann in keiner Weise als „Photographie in natürlichen Farben" bezeichnet werden. Bessere Resultate gibt dann eher noch das allerdings mühsame Kolorieren der Films, wenn es mit Geschick und Sorgfalt ausgeführt wird. Ein solcher Film ist jedoch ein Unikum, er kann nicht in Farben mechanisch kopiert werden und repräsentiert infolgedessen einen hohen Wert. Der durch das Verfahren der Dreifarbenphotographie erhaltene Film dagegen besteht ja aus gewöhnlichen schwarzen Diapositiven und kann jederzeit leicht kopiert werden.

Digitized by Google

Die Vorführung von lebenden Bildern mit „Stereoskopischem Effekt" dagegen bietet weit weniger technische Schwierigkeiten. Aber auch diese Erfindung hat bisher noch keine allgemeine Verwendung gefunden, und zwar wohl hauptsächlich deshalb, weil bei den besten Lösungen des in Frage stehenden Problemes ein besonderes, mehr oder weniger einfaches Instrument zur Beobachtung der projizierten Serienbilder nötig ist.

Auf die Grundlagen der Stereoskopie wollen wir nur mit wenigen Worten hinweisen: wenn, wie Wheatstone im Jahre 1838 zuerst gezeigt hat, jedem der beiden Augen das Bild eines körperlichen Objektes so dargeboten wird, wie es sich ihnen in Wirklichkeit von ihrem Standpunkte aus darbieten würde, und wenn in geeigneter Weise dafür gesorgt wird, daß sich die beiden Bilder zu einem Sammelbilde (in psychologischem Sinne) vereinigen, so entsteht ein körperliches Bild des Objektes mit einer der Wirklichkeit nahe entsprechenden räumlichen Tiefenanschauung, das stereoskopische Sammelbild. Diese beiden Bilder, welche dem rechten und dem linken Auge dargeboten werden, müssen vergrößerte Umkehrungen der beiden Netzhautbilder des wirklichen Objektes sein. Diese Projektionen eines körperlichen Objektes auf die Ebene des Stereoskopbildes für das rechte und linke Auge werden nun dadurch erhalten, daß man die Durchschnittspunkte aller von den verschiedenen Objektpunkten zum betreffenden Auge gezogenen Richtungslinien mit der Bildebene bestimmt. Derartige Projektionen werden am zweckmäßigsten mittels der Photographie erzielt, indem ein und dasselbe Objekt von zwei verschiedenen Standpunkten aus, die im allgemeinen um den Augenabstand voneinander entfernt sind, oder besser mittels der Stereoskopkamera mit zwei vollkommen gleichen Objektiven aufgenommen wird. Hierbei werden nun den Augen zwei Bilder dargeboten, deren korrespondierende Punkte zur Fixierung genau dieselbe Konvergenz erfordern wie die entsprechenden Punkte des wirklichen Objektes. Bei der Betrachtung des körperlichen Objektes geht bei der Fixierung jedes Punktes auch der entsprechende Akkommodationszustand wegen des Zusammenhanges zwischen Konvergenz und Akkommodation einher; bei dem stereoskopischen Bild paßt aber dieser jeweilige Akkommodationszustand wegen der immer gleich bleibenden Entfernung der Bildpunkte nicht, was für empfindliche und ungeübte Augen oft störend wird, namentlich bei Darstellung naher Objekte. In solchen Fällen wird ein Sammelbild nur bei „tele-

Digitized by Google

zentrischem" Strahlengang erzielt, d. h. das stereoskopische Doppelbild wird durch eine Doppellupe betrachtet.

Auch bei der Kinematographie mit stereoskopischem Effekt können, ganz ähnlich wie bei der Wiedergabe in natürlichen Farben, die Teilbilder, welche das Sammelbild ergeben, je nach der Konstruktion des Apparates entweder zeitlich nacheinander oder gleichzeitig auf den Schirm geworfen werden. Im allgemeinen kann man nun alle die Methoden, welche auch bei der gewöhnlichen Projektion des ruhenden Bildes zur Erzielung eines stereoskopischen Effektes anwendbar sind und angewandt wurden, auch bei der Projektion lebender Bilder heranziehen, und umgekehrt. Die meisten dieser Verfahren lassen sich für beide Konstruktionsarten anwenden, sowohl für zeitlich getrennte als wie auch für gleichzeitige Projektion der Teilbilder, die also entweder hintereinander oder nebeneinander auf dem Film angeordnet sind. Je nachdem sind dann ein oder zwei Projektionsobjektive nötig. Gegenüber den Methoden der Wiedergabe in natürlichen Farben sind jedoch die stereoskopischen Verfahren technisch insofern wesentlich einfacher, als eine genaue Deckung der Teilbilder auf dem Projektionsschirm nicht nötig, auch gar nicht möglich ist, da diese Teilbilder ja von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommen wurden. Da das stereoskopische Sammelbild nur dann als solches empfunden wird, wenn jedem Auge nur das zugehörige Teilbild sichtbar gemacht wird, so ist es nötig, bei der stereoskopischen Projektion eine besondere Vorrichtung zu diesem Zweck vorzusehen. Es kann dies nun auf verschiedene Weise erreicht werden, und je nach dem Mittel hierzu unterscheiden sich die verschiedenen Verfahren voneinander.

Wir beginnen mit der Beschreibung eines der ältesten Verfahren, nämlich mit dem von d'Almeida im Jahre 1858 erfundenen. Hierbei werden die beiden Teilbilder durch komplementär gefärbte Gläser, am besten rot und grün, projiziert; da die Bilder sich nicht decken, ergibt sich ein von dem unbewaffneten Auge nicht entwirrbares Durcheinander. Sobald aber der Beobachter seine Augen mit einer Brille versieht, die ein rotes und ein grünes Glas besitzt, erscheint sofort das Relief. Durch das rote Glas sieht nämlich das betreffende Auge nur das rote Bild, während das grüne verschwindet, da das rote Glas die grünen Strahlen absorbiert; durch das grüne Glas hindurch erscheint andererseits wieder nur das grüne Bild. So kann man erreichen, daß jedem Auge nur das zugehörige Bild erscheint. Dieses an sich sehr schöne und geistreiche Verfahren

Digitized by Google

krankt leider an einem schon oben in dem Kapitel über Farbenphotographie erwähnten Fehler, es tritt nämlich der „Wettstreit der Farben" bei empfindlichen Augen störend auf. Ferner ist die Lichtstärke der Bilder nicht sehr groß, da die Lichtstrahlen zweimal durch Farbenfilter gehen müssen, die ziemlich streng sind. d'Almeida hat noch ein anderes Verfahren gefunden, um stereoskopische Bilder zu projizieren. Er bringt im Strahlengang der Projektionslampe eine rotierende Blende an, die eine konzentrische Reihe von derart angeordneten Löchern trägt, daß bei der Rotation abwechselnd immer das eine Teilbild frei bleibt, während das andere bedeckt ist. Der Beobachter blickt z. B. durch eine synchronlaufende gleiche Scheibe, deren Blendenlöcher dem Auge ebenfalls abwechselnd Durchblick gestatten. Auch auf diese Weise wird jedes Auge nur das ihm zugeordnete Bild zu sehen bekommen. In neuerer Zeit hat man auch diese Methode auf die Kinematographie übertragen. Während jedoch das oben beschriebene „Verfahren mit den komplementär gefärbten Brillengläsern" sowohl nebeneinander als auch (zeitlich) hintereinander angeordnete Teilbilder zuläßt, können letztere bei dem „Verfahren der rotierenden Gesichtsblende" nur hintereinander auf dem Film angeordnet sein. Der Synchronismus dieser rotierenden Blende wird nun am besten auf elektrischem Wege vom Triebwerk des Kinematographenapparates aus erhalten. Jeder Beobachter blickt durch eine Art Lorgnette, in welcher die erwähnte Blendenscheibe vermittels eines sehr kleinen Elektromotores in Rotation versetzt wird. Durch eine Leitungsschnur steht dieser Motor (ein sogenannter „Drehstrommotor") mit dem Kinematographenwerk in Verbindung.

Ein weiteres Verfahren zur Erzielung stereoskopisch wirkender Lichtbilder beruht auf der Polarisation des Lichtes, d. h. auf der Möglichkeit, Lichtstrahlen zu erzeugen, bei denen die Lichtwellen nur in einer voraus zu bestimmenden Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung schwingen, in der sogenannten „Polarisationsebene". Jedes der beiden stereoskopischen Teilbilder wird nämlich mittels geeigneter optischer Vorrichtungen mit polarisiertem Lichte beleuchtet, und zwar derart, daß die Polarisationsebenen der beiden je ein Teilbild beleuchtenden Lichtbündel senkrecht zueinander stehen. Es wird das in einer dem Physiker bekannten Weise entweder durch „Nikolsche Prismen" oder durch Glasplattensätze u. dgl. erreicht. Den unbewaffneten Augen werden nun die beiden projizierten Teilbilder ebenso erscheinen, als wären sie mit natürlichem Licht (so

Digitized by Google

nennt man das gewöhnliche Licht im Gegensatz zum polarisierten) beleuchtet, nur etwas dunkler; man erhält also kein Sammelbild. Dieses erscheint aber sofort, wenn man die Teilbilder durch eine Brille betrachtet, deren Gläser aus je einem der soeben erwähnten Nikolschen Prismen oder dgl. bestehen. Diese Vorrichtungen haben nämlich nicht nur die Eigenschaft, natürliches Licht zu polarisieren, sondern sie lassen auch das polarisierte Licht nur in einer ganz bestimmten Stellung durch, die von der Richtung der Polarisationsebene des Lichtes abhängt. Durch Drehen einer solchen Vorrichtung um die optische Achse kann man also erreichen, daß durch sie hindurch entweder ein Teilbild erscheint oder verschwindet, so daß also auch nach diesem Prinzip jedem Auge das zugeordnete Teilbild zugeführt werden kann. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1891 von Anderton erfunden. Abgesehen von seiner großen Lichtstärke, würde es sich gegenüber den bisher beschriebenen Verfahren auch durch Einfachheit auszeichnen, wenn nicht ein besonderer Projektionsschirm dazu nötig wäre. Das polarisierte Licht wird nämlich durch die gewöhnlich verwendeten diffus reflektierenden weißen Körper zum großen Teil wieder in natürliches Licht verwandelt, so daß infolgedessen der erstrebte Effekt fast ganz ausbleibt. Um zum Ziele zu gelangen, verwendet man daher Schirme mit „metallisch" reflektierender Oberfläche. Wir werden später wieder hierauf zurückkommen.

Ein weiteres Verfahren der stereoskopischen Projektion besteht darin, daß die beiden Teilbilder nebeneinander auf den Schirm projiziert werden. Die Betrachtung geschieht dann durch eine besondere, aus vier beweglichen Spiegeln bestehende Brille, durch welche die Teilbilder in ein Sammelbild verwandelt werden. Dieses Verfahren ist neuerdings von der Firma Busch in Rathenow vervollkommnet worden.

Bei der Wiedergabe von lebenden Bildern mit körperlichem Effekt kann man hier die Teilbilder wieder sowohl hintereinander als auch nebeneinander auf dem Film anordnen.

Sämtliche bisher erwähnten Verfahren zur Erzielung einer stereoskopischen Wirkung bei der Projektion machten die Verwendung eines besonderen Betrachtungsapparates nötig. Von dieser Unbequemlichkeit ist eine von Ducos du Hauron erfundene Methode frei. Hierbei wird ein besonders konstruierter Projektionsschirm verwendet, durch den hindurch das Bild den Beobachtern körperlich erscheint. Vor und hinter der eigentlichen transparenten Fläche, auf welche die beiden Teilbilder übereinander projiziert werden,

Digitized by Google

befindet sich in bestimmtem Abstande je ein aus abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen senkrechten Linien bestehendes Gitter, dessen Linien ebenfalls einen bestimmten Abstand haben. Infolge der so entstehenden „Parallachse" wird erreicht, daß jedem Auge nur das richtige Teilbild sichtbar wird, während das andere durch die undurchsichtigen Gitterstriche verdeckt ist. Das Bild wird zwar so in helle und dunkle Streifen zerlegt, doch können die Abstände der Gitterstriche so klein gewählt werden, daß eine Struktur auf große Entfernung nicht mehr zu bemerken ist. Diese Methode hat den Nachteil, daß das Sammelbild nur innerhalb eines ziemlich beschränkten Raumwinkels als solches erscheint. Aus diesem Grunde wird sich dieses Verfahren für die Kinematographie weniger eignen. Übrigens würde sich hier natürlich die gleichzeitige Projektion der Teilbilder empfehlen. Über die Verwendung dieser Methode in der Kinematographie ist bisher noch nichts bekannt geworden.

Das Verfahren von Ducos du Hauron ist neuerdings von Estanave dadurch vereinfacht worden, daß das „Projektionsgitter", d. h. das Gitter vor der Projektionsfläche (von der Lichtquelle aus gerechnet), welches das Projektionsbild in Streifen zerlegt, die abwechselnd je einem der beiden Teilbilder angehören, wegfällt. Estanave erreicht das auf die Weise, daß er die Teilnegative schon gleich durch ein entsprechendes Gitter kopiert, so daß also bei der Betrachtung oder Projektion nur eine einzige Platte zur Verwendung kommt, die aber beide Teilbilder enthält, welche infolge ihrer Gitterstruktur ineinandergreifen. Zur richtigen Betrachtung ist dann nur noch das „Betrachtungsgitter" nötig, welches in geringer Entfernung von der Platte oder bei der Projektion hinter den transparenten Schirm zu stehen kommt.

Schließlich möge hier noch ein Verfahren Erwähnung finden, welches allerdings an Einfachheit nichts zu wünschen übrig läßt, das aber den oben aufgestellten Grundsatz nicht befolgt, daß nämlich das stereoskopische Sammelbild nur dann als solches empfunden wird, wenn jedem Auge nur das zugehörige Teilbild sichtbar gemacht wird. Bei dem zu beschreibenden Verfahren sehen nämlich beide Augen beide Teilbilder, es kann daher von einer eigentlichen stereoskopischen Wirkung im strengen Sinne hier gar nicht die Rede sein. Das Verfahren besteht darin, daß die Teilbilder zeitlich getrennt, und zwar in relativ geringer Wechselfrequenz pro Sekunde vorgeführt werden. Es ist hierbei wichtig, daß der Hintergrund beider Teilbilder gut zur Deckung kommt. Nahaufnahmen, bei denen eine

Digitized by Google

Deckung der Teilbilder für keine Stelle des Bildes möglich ist, können für dieses Verfahren nicht verwendet werden. Bei der periodischen Darbietung bald des einen, bald des anderen Teilbildes steht nur der Hintergrund ruhig, während alle Objekte nach dem Vordergrund zu infolge ihrer Parallachse immer mehr in hin- und herpendelnde Bewegung geraten, je näher sie dem Aufnahmepunkt liegen. Die Erscheinung macht etwa den Eindruck, als bewege man bei der Betrachtung der wirklichen Objekte den Kopf periodisch hin und her; alsdann scheinen sich bekanntlich die Gegenstände infolge ihrer Parallachse gegeneinander zu verschieben. Diese Verschiebung vermittelt nun die Anschauung von der räumlichen Verteilung der Gegenstände; auch ein Einäugiger, der gar nicht stereoskopisch sehen kann, erhält so eine Vorstellung von der Körperlichkeit der Dinge. Dieses Verfahren hat leider recht bedenkliche Mängel: Wie ich durch Versuche feststellen konnte, ist der Gesamteindruck infolge der dauernden Bewegung des Vordergrundes ein unruhiger; ferner tritt infolge der geringen Wechselzahl das Flimmern stärker auf. Würde man aber die Frequenz wesentlich größer nehmen, so würde das Gesamtbild im Vordergrund ganz unscharf und verwaschen werden. Die Wechselzahl darf vielmehr nur so groß sein, als sie eben hinreicht, um jedes Teilbild gerade noch getrennt für sich wahrnehmen zu können. Das Verfahren scheint in der Kinematographie eine größere Verbreitung zu finden.

Obige Beschreibung der Eigenschaften und die Kritik dieses Verfahrens haben hauptsächlich meine eigenen Versuche zur Grundlage. So bestechend an sich seine Einfachheit ist, so kann es doch in keiner Weise mit den Verfahren, die einen richtigen stereoskopischen Effekt geben, konkurrieren.

Trotz der vorläufig relativ unvollkommen entwickelten Technik der Kinematographie sowohl in natürlichen Farben als auch mit stereoskopischem Effekt hat man neuerdings doch den Versuch gemacht, einen Apparat zu konstruieren, der beide Lösungen vereinigt. Nach den Mitteilungen der „Umschau" scheint es in der Tat dem Ingenieur Friese-Green gelungen zu sein, einen Apparat zu bauen, der lebende Bilder mit Reliefwirkungen in Naturfarben wiedergibt. Die Wirkung dieses neuen Apparates soll eine sehr gute sein, ja es sollen hierbei sogar gewisse Mängel, welche dem gewöhnlichen Kinematographenapparat meist noch anhaften, vermieden sein, wie z. B. der unruhige Gang, das Flimmern usw. Für die Farbenwiedergabe ist hier das „Prinzip der zeitlichen Trennung"

Digitized by Google

verwendet worden, es folgt also je ein rotes, grünes und blaues Teilbild hintereinander auf dem Film; die entsprechenden Farbfilter sind zu einem kurzen „Band ohne Ende" aneinander gereiht, das zugleich mit dem Film durch den Mechanismus läuft. Die Reliefwirkung wird nach dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Verfahren erzielt, das darin besteht, daß die stereoskopischen Teilbilder zeitlich getrennt beiden Augen dargeboten werden. Zu diesem Zweck sind zwei identische Apparate dicht nebeneinander gesetzt, so daß der Abstand ihrer Objektive etwa dem Augenabstand entspricht. Die beiden Films laufen synchron, doch so, daß die beiden zugeordneten stereoskopischen Teilbilder abwechselnd hintereinander dargeboten werden, desgleichen wechseln die Farben von links zu rechts, d. h. die zusammengehörigen Teilbilder haben verschiedene Farben. Durch diese Anordnung hauptsächlich sowie infolge der ziemlich hohen Gesamtfrequenz wird die gute Wirkung erreicht. Die Frequenz eines jeden Teilapparates beträgt nämlich 17, so daß die Gesamtfrequenz 34 ist; dazu kommt aber noch, daß die Serienbilder in Farben erscheinen, wodurch, wie oben ausgeführt wurde, die Verschmelzungsfrequenz herabgedrückt wird, so daß ein Flimmern kaum mehr wird eintreten können.

Freilich ist eine auf diese Weise erzielte Reliefwirkung, wie oben erwähnt, gewissermaßen nur als Surrogat des wirklichen stereoskopischen Effektes aufzufassen, auch wird diese Wirkung hier dadurch noch vermindert, daß die Aufeinanderfolge der Teilbilder rascher erfolgt, als wie es für den günstigsten Effekt dieses Verfahrens erforderlich ist, doch ist der durch Verbindung dieser Wirkung mit der Wiedergabe in natürlichen Farben erzielte Erfolg immerhin recht freudig zu begrüßen.

Viertes Kapitel.

Die technischen Grundlagen der Kinematographie.

Die Kinematographenapparate zerfallen im allgemeinen in Aufnahmeapparate und in Apparate zur Wiedergabe, gemäß des auch anderweitig so fruchtbaren Prinzipes der Arbeitsteilung. Nur bei den einfacheren Ausführungen, die mehr für Liebhaber bestimmt sind, ist der Aufnahmeapparat auch zugleich der Apparat für die Wiedergabe. Auf letztere Art der Apparate kommen wir später zurück; vorher sollen die für getrennten Gebrauch bestimmten

Digitized by Google

Apparate behandelt werden. Zunächst aber wollen wir die einzelnen wichtigen Konstruktionselemente besprechen, aus denen sich die Kinematographenapparate zusammensetzen.

Allen Apparaten gemeinsam ist heutzutage der Film. Es ist dies ein langes Band aus Celluloid, welches die photographische Schicht trägt. Die Länge eines Filmstreifens beträgt oft mehrere 100 Meter. Die Dimensionen der einzelnen Bilder, welche die Bewegungsphasen darstellen, sind jetzt allgemein zu 18×24 mm² angenommen. Die Breite des ganzen Films ist 35 mm. Zu beiden Seiten der Bilderreihe befindet sich je eine Reihe von Löchern, die „Perforation", in welche der Fortbewegungsmechanismus eingreift. Die Form der Löcher ist verschieden, es gibt rechteckige Perforationen, solche mit abgerundeten Ecken, oder auch ovale; doch ist die Anzahl der Löcher allgemein dieselbe: es kommen auf jede Seite des Bildes 4 Löcher. Infolge dieser Übereinkunft bezüglich der Dimensionen paßt ein solcher Film in alle Apparate. Die Perforation ist für die Präzision der ruckweisen Fortbewegung des Films von großer Bedeutung, ohne sie würden die aufeinanderfolgenden Bilder nicht immer an dieselbe Stelle der Projektionswand fallen, es würde also ein unscharfes Bild entstehen, denn jeder Fehler bei der Bewegung des Films wird ja mit dem Bild oft mehr als 100 Mal vergrößert. Der Film ist auf der Schichtseite, wie die photographische Trockenplatte, leicht verletzlich, daher wird er in verschlossenen Kapseln aufgerollt aufbewahrt; bei einer Vorführung wird der Film von einer solchen Rolle ab- und auf eine andere aufgewickelt. Die einzelnen Kinematographenapparate unterscheiden sich hinsichtlich der Schonung der Films sehr voneinander. Bei manchen Konstruktionen wird der Film schon nach kurzer Zeit verdorben; er erhält Kratzer und Risse, was sich bei der Vorführung durch das sog. „Regnen" oft sehr störend bemerkbar macht. Bei Verwendung von guten Apparaten dagegen ist die Haltbarkeit der Films eine fast unbeschränkte. Wir werden den Teil des Apparates, welcher den Film am meisten beansprucht, später noch kennen lernen.

Celluloid, aus welchem der Film besteht, ist bekanntlich sehr feuergefährlich; es verbrennt mit fast explosibler Heftigkeit. Das ist die Ursache schon vieler bedauerlicher Unglücksfälle geworden. Die Entzündung erfolgte meist durch die Strahlen der Projektionslampe. Trotz der mannigfachen Vorschriftsmaßregeln, die von den verschiedenen Polizeibehörden angeordnet wurden, ereignen sich

Digitized by Google

doch immer wieder derartige Unglücksfälle. Man hat daher versucht, das Celluloid durch eine andere, unverbrennbare Substanz zu ersetzen. Ein solcher Körper ist das von dem Chemiker Dr. Eichengrün von der Firma Bayer u. Co. in Elberfeld erfundene „Cellit". Derartige Cellitfilms wurden z. B. auf der Chemikerversammlung zu Pfingsten 1908 in Jena vom Erfinder vorgeführt. Auch von anderer Seite, z. B. von Gebrüder Lumière in Lyon, sind unverbrennbare Films hergestellt worden.

Das Celluloid entsteht durch Verarbeitung von nitrierter Cellulose mit Kampfer. Der hauptsächlichste Bestandteil wird also durch Cellulose gebildet, einen in der Natur als Pflanzenzellmembran sehr verbreiteten Stoff. Seine Darstellung geschieht durch sukzessive Extraktion von Watte oder schwedischem Filtrierpapier mit Kalilauge, Salzsäure, Wasser, Alkohol und Aether. Als Lösungsmittel des Celluloids dient meistens Amylacetat. Die Celluloidfilms werden in breiten Bändern bis zu 50 Metern Länge gegossen. Nur wenige Celluloidfabriken beschäftigen sich mit der Erzeugung von Films, denn es ist nicht leicht, den Film rein und glasklar, und dabei doch fest und biegsam herzustellen.

Auf diese Celluloidbänder wird nun mit Hilfe von besonders zu diesem Zwecke konstruierten Gießmaschinen die lichtempfindliche Emulsion (meist Bromsilber-Gelatineemulsion) aufgetragen, genau wie bei der Herstellung der photographischen Trockenplatten. Nach dem Trocknen der empfindlichen Schicht werden die breiten Bänder in Streifen geschnitten, deren Breiten gleich dem Normalmaß der Films ist. Natürlich geschieht auch dies durch Spezialmaschinen, durch rotierende scharfkantige Scheiben, sogenannte „Tellermesser". Sodann laufen die Films durch die Perforiermaschine, durch welche die oben bereits erwähnte Perforation an den Rändern der Films erzeugt wird. Diese Maschinen müssen sehr präzis arbeiten, denn die Abstände der Löcher voneinander müssen genau innegehalten werden, da andernfalls später bei der Projektion ein Tanzen oder besser ein Auf- und Abhüpfen der Bilder die Folge sein würde. Dieser Fehler könnte übrigens nicht eintreten, wie eine einfache Überlegung zeigt, wenn der Aufnahmefilm auch zur Vorführung benutzt werden könnte. Denn hierbei würde der Fehler, welcher durch die ungleichen Abstände der Löcher bei der Aufnahme entsteht, bei der Vorführung sich wieder aufheben. Da aber die Aufnahmenegative erst wieder in Positive (durch Kopieren) verwandelt werden müssen, so wird diese Aufhebung im allgemeinen nicht auf-

Digitized by Google

treten, es sei denn, daß gleiche Fehler der Perforierung bei Positiv und Negativ an derselben Stelle vorhanden sind. Hier mag noch bemerkt werden, daß die zur Herstellung von Kopien bestimmten Films mit einer Chlorbromsilber-Gelatineemulsion begossen werden, wie solche auch zur Herstellung von gewöhnlichen Diapositivplatten verwendet wird. Alle diese Arbeiten müssen natürlich vom Gießen der Emulsion an bei photographisch unwirksamem rotem Lichte ausgeführt werden. Nunmehr ist der Film gebrauchsfertig und kann dem Aufnahmeapparat einverleibt werden.

Über die Herstellung und Eigenschaften der unverbrennbaren Cellitfilms ist kurz folgendes zu sagen: Das Cellit wird dargestellt aus einer neuen in Essigäther und Alkohol sowie in Kampfer löslichen Acetylcellulose. Der starken mechanischen Beanspruchung, welcher der Film im Kinoapparat ausgesetzt ist, ist das Cellit vorläufig noch nicht vollkommen gewachsen. Während sich jedoch Celluloid an der Flamme oder bei der Ruhestellung eines Kinoprojektors ohne Feuerschutzvorrichtung momentan entzündet, bleibt das Cellit zunächst unverändert; bei längerer Einwirkung der Hitze schmilzt es nur an der von der Flamme oder dem Strahlenbündel der Projektionslampe getroffenen Stelle, ohne jedoch zu verbrennen.

Wir kommen jetzt zur Besprechung des wichtigsten Teiles des modernen Kinematographenapparates, nämlich des Mechanismus zur Fortbewegung des Filmbandes: Man kann diesen Teil des Apparates wohl treffend als die Seele des Kinematographenapparates bezeichnen. Demgemäß werden auch die verschiedenen Systeme der Apparate je nach dem Konstruktionstypus des Bewegungsmechanismus voneinander unterschieden. Diese Konstruktionstypen nun zerfallen in zwei Hauptgruppen: in Apparate mit ruckweise fortbewegtem Film, und in solche mit kontinuierlicher Filmbewegung. Wir können hier natürlich nur einige der Haupttypen besprechen.

Die erste Art Apparate hat eine bedeutende Verbreitung gefunden, bis jetzt wenigstens sind die meisten Kinematographenapparate mit einem Mechanismus zur ruckweisen Fortbewegung des Filmbandes ausgerüstet. Nur wenige, hauptsächlich wissenschaftlichen Zwecken dienende Apparate besitzen eine kontinuierliche Filmbewegung. Das Problem der ruckweisen Filmbewegung ist in verschiedener Weise gelöst worden; man kann hierbei in der Hauptsache 4 Grundtypen unterscheiden.

Digitized by Google

Am verbreitetsten, weil am zweckmäßigsten und am leichtesten präzis ausführbar, ist die Malteserkreuz-Einrichtung. Diese Bezeichnung rührt daher, daß die Vorrichtung in ihrem Hauptbestandteil die Form des Ordensabzeichens der Malteser aufweist. Die Konstruktion und Wirkungsweise des auch als Ein-Zahnrad bezeichneten Mechanismus geht am besten aus nebenstehender Abb. 23 hervor. Die Zahntrommel *W* greift mit ihren Zähnen in die oben beschriebene Perforation des Filmbandes ein, so daß letzteres gezwungen wird, jede Bewegung der Trommel *W* mitzumachen. Auf der Achse der Trommel *W* und mit dieser fest verbunden sitzt das eigentliche Malteserkreuzrad *S*. Mit diesem steht die Scheibe *A* in Berührung, die zusammen mit einer etwas größeren Scheibe *B* auf einer gemeinsamen Achse befestigt ist. Auf der Scheibe *B* befindet sich ein Stift oder Zahn *E*, und an dieser Stelle hat die kleinere Scheibe *A* einen Ausschnitt. Wenn nun die Achse, an welcher die Scheiben *A* und *B* sitzen, gedreht wird, so schleift zunächst das Malteserkreuzrad *S* auf der Scheibe *A*, ohne sich zu bewegen. Sobald aber der Zahn *E* in einen der Schlitze des Kreuzrades eingreift, macht das letztere unter dem Druck des Zahnes eine Vierteldrehung, was durch den Ausschnitt der Scheibe *A* ermöglicht wird. Falls nun der Umfang der Trommel *W* gleich der Summe der Höhen von 4 Filmbildern ist, so wird bei einer Vierteldrehung das Filmband mit einem Ruck gerade um ein Bild vorwärts bewegt, das Problem ist also gelöst.

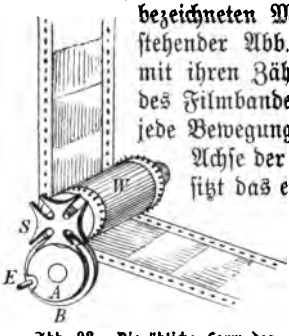


Abb. 23. Die übliche Form des Malteserkreuzrades. (Transportverhältnis 1 : 4.)

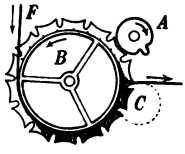


Abb. 24. Malteserkreuz mit dem Transportverhältnis 1 : 14.

Die Konstruktion des Malteserkreuzrades läßt sich auch so ausführen, daß mehr als 4 Umdrehungen des einen Zahnrades nötig sind, um das Kreuzrad einmal herumzubewegen, z. B. 8, oder wie nebenstehende Abb. 24 zeigt, 14. Hier weist auch das eine Zahnrad *A* eine etwas von der soeben beschriebenen abweichende Konstruktion auf, es ähnelt mehr dem Typus der üblichen Zahnräder. Das Kreuzrad *B* hat jetzt allerdings nur noch wenig Ähnlichkeit mit dem Malteserkreuz. Hier wird das Kreuzrad *B* bei einer Umdrehung von *A* nur um $^1/_{14}$ seines Umfanges gedreht, die Zahntrom-

Digitized by Google

mel, auf der Abb. 24 angedeutet, muß also so bemessen sein, daß ihr Umfang 14 Bilder des Filmbandes F faßt. C ist eine Rolle, welche das Filmband an die Zahntrommel drückt, damit die Zähne auf einer möglichst großen Fläche in die Perforation des Filmbandes eingreifen.

Wie oben im dritten Kapitel erörtert wurde, ist es aus ganz bestimmten Gründen nötig oder günstig, die Zeit der Fortbewegung, den „Ruck", gegenüber der Ruhestellung des Filmbandes möglichst kurz zu machen. Namentlich für die Wiedergabe des Bildes durch Projektion ist die Erfüllung dieser Forderung von Vorteil. Da der Filmtransport durch eine dunkle Blende verdeckt wird, so wird offenbar durch eine Verkürzung der Transportzeit Licht gespart, d. h. die Gesamtintensität wird größer. Ferner wird das Flimmern hierdurch vermindert, wie wir im Kapitel III, Seite 31—34, gesehen haben. In welcher Weise man die Transportzeit beliebig verkürzen kann, veranschaulicht die Abb. 25. Man erkennt leicht, daß das Verhältnis zwischen der Transportzeit und der Ruhezeit des Malteserkreuzrades von dem Größenverhältnis des Kreuzrades zum Einzahnrad abhängt, und zwar derart, daß bei Vergrößerung des Durchmessers des Einzahnrades AB die Transportzeit des Kreuzrades kleiner und die Ruhezeit größer wird. Allerdings wird der Vergrößerung von AB technisch bald eine Grenze gesetzt, da sonst das Material durch den heftigen Schlag des Zahnes gegen das Kreuzrad zu stark beansprucht wird.

Abb. 25. Malteserkreuzrad für sehr kurze Transportzeit.

Eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft der Konstruktion der Malteserkreuzradbewegung ist die, daß der Film in der Ruhelage absolut feststeht. Es wird das also dadurch erzielt, daß das Kreuzrad, nachdem der Zahn dasselbe verlassen hat, auf dem Einzahnrad schleift und dem äußeren Umfange desselben genau angepaßt ist, wodurch ihm eine Weiterbewegung, etwa infolge des letzten Stoßes durch den Zahn, unmöglich gemacht wird. Es gibt noch eine Anzahl weiterer Konstruktionen, bei welchen die ruckweise bewegende Kraft ebenfalls an der Zahntrommel, die den Film transportiert, angreift, doch wollen wir diese hier nicht in Betracht ziehen. Wir werden jetzt vielmehr einige von den Konstruktionstypen erörtern, bei welchen die ruckweise bewegende Kraft am Filmband selbst angreift.

Hierher gehört in erster Linie der sogenannte Schläger. Seine

Digitized by Google

Wirkungsweise wird durch Abb. 26 veranschaulicht. Der Film läuft durch eine Bremsvorrichtung B, bildet unmittelbar dahinter eine Schlaufe oder einen Bausch und passiert die Transportzahntrommel W. Bei Inbetriebsetzung des Mechanismus wird nun infolge der kontinuierlichen Rotation der Zahntrommel W der Bausch bis zu einem gewissen Grad verkleinert, sodann schlägt aber ein auf der Scheibe S exzentrisch sitzender Stift auf die Breitseite des Filmbandes gerade in den Bausch hinein, der hierdurch mit einem Ruck wieder auf seine frühere Größe gebracht wird. Der Zuwachs des Bausches erfolgt von der Bremsvorrichtung B her, da der Film an den Zähnen der sich entgegengesetzt bewegenden Trommel W Widerstand findet. Die Dimensionen der Scheibe S werden nun so bemessen, daß bei jedem durch den Stift erteilten Schlag das Filmband genau um ein Bild weiter bewegt wird. Die Scheibe S wird in der Regel durch die Zahnradübersetzung XY an die Zahntrommel W gekoppelt. Die Größe der Übersetzung hängt davon ab, wieviel Bilder auf den Umfang der Zahntrommel gehen. Faßt der Umfang z. B. sechs Bilder, so muß der Stift während einer Umdrehung von W sechsmal schlagen, also muß sich in diesem Falle der Umfang von X und Y wie sechs zu eins verhalten.

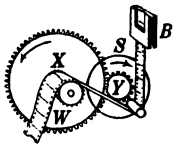


Abb. 26.
Der Schläger.

Auch diese Konstruktion läßt sich so einrichten, daß die Transportzeit praktisch auf ein Minimum gebracht werden kann. Zu diesem Zweck braucht nur die Scheibe S und damit der Abstand des Schlägerstiftes von der Achse vergrößert zu werden. Die Scheibe muß dann nur noch etwas nach oben verschoben werden, damit bei dem längeren Weg des Stiftes wieder die richtige Länge des Filmtransportes resultiert. Da nun jetzt die Bewegung des Schlägerstiftes eine raschere ist, so wird damit auch die Transportzeit eine kürzere. Auch hier setzt die Festigkeit des Materials bald eine Grenze; es leuchtet ein, daß durch allzugroße Beanspruchung der Film leiden muß. Die Bremsvorrichtung B muß nämlich um so stärker in Tätigkeit treten, je schneller der Schlag durch den Stift ausgeübt wird; denn es muß dafür Sorge getragen werden, daß der Film bei dem Schlage auch nicht um $^1/_{100}$ mm zu weit rutscht; andernfalls würde ein scheinbares Auf- und Abtanzen des Bildes auf dem Projektionsschirm die Folge sein. — Bei den Abarten dieses Konstruktionstypus wollen wir uns nicht weiter aufhalten.

Digitized by Google

Ein weiterer Typus ist der sogenannte Greifer. Eine einfache Konstruktion zeigt nebenstehende Abb. 27. Eine durch einen Exzenter bewegte Gabel greift rechts und links in die Perforation des Filmbandes ein und zieht das Filmband um eine Bildbreite herunter. Da nun die Gabel um eine Horizontalachse federnd gelagert ist, drückt sie sich automatisch bei der Aufwärtsbewegung wieder aus der Perforation heraus und schleift am Film entlang nach oben, von wo aus das Spiel dann von neuem beginnt. Man erkennt leicht, daß bei dieser Konstruktion durch die einfache Exzentervorrichtung, welche die Gabel auf- und abbewegt, die Transportzeit und die Ruhezeit des Filmbandes gleich sind. Durch eine Änderung des Exzenters kann aber auch hier leicht ein (praktisches) Minimum der Transportzeit erreicht werden. Ein Beispiel hierfür ist in nebenstehender Abb. 28 skizziert. Die hier nicht mitgezeichnete Gabel ist mit einem Rahmen verbunden, innerhalb dessen sich eine besonders geformte Scheibe *S* exzentrisch bewegt. Die Form dieser Scheibe entspricht einem Kreisausschnitt mit abgerundeten Ecken. Die Wirkungsweise dieses Exzenters ist nun folgende: solange der Kreisbogen *ab* der Scheibe *S* bei der Drehung um deren Achse die obere oder die untere Kante des Rahmens berührt, bleibt der letztere in Ruhe. Die beiden Stellungen sind in unseren Abbildungen dargestellt. Während der übrigen Zeit der Drehung aber tritt ein Heben bzw. ein Senken des Rahmens ein. Die Dimensionen der Scheibe *S* sind in unserem Beispiel nun so gewählt, daß die Auf- und Abwärtsbewegung des Rahmens je $^1/_3$, und die Ruhestellung insgesamt ebenfalls ein Drittel der Umdrehungszeit der Scheibe *S* beträgt. Die Transportzeit des Filmbandes ist demnach also dreimal so kurz als seine Ruhezeit. Man kann dieses Verhältnis noch weiter dadurch vergrößern, daß man den Kreisausschnitt *S* noch breiter, d. h. mehr Winkelgrade umfassend, wählt. Auf Abänderungen weiterer Konstruktionen des „Greifers", die hauptsächlich eine größere Schonung des Filmbandes bezwecken, können wir hier nicht eingehen.

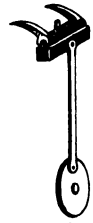


Abb. 27.
Der Greifer.

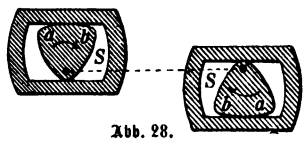


Abb. 28.
Greiferexzenter für kurzen Ruck

Als letztes System der ruckweisen Fortbewegung mögen noch die „Reibungsscheiben" erwähnt werden. Ihre Wirkungsweise geht

Digitized by Google

aus dem in Abb. 29 dargestellten Schema hervor. Die sich kontinuierlich drehende Zahntrommel *R* bewegt das Filmband nach unten, nach den Bremsbacken *B* zu; infolgedessen entsteht zwischen *R* und *B* ein Bausch. Unterhalb von *B* sind zwei Walzen *W* angebracht, zwischen denen das Filmband zunächst gerade und frei hängen kann. Die eine der Walzen *W* nun besitzt einen Auswuchs *E*, ein hervorragendes Segment, das bei der Umdrehung von *W* den Film gegen die andere Walze drückt und ihn mit einem Ruck um ein Stück nach unten zieht. Dadurch wird der Bausch zwischen *R* und *B* beseitigt, der sich jedoch gleich darauf wieder bildet; dann beginnt das Spiel von neuem. Durch die Abmessung der Dimensionen von *R* und *W* und des Verhältnisses der Umdrehungen von *R* zu *W* wird dafür gesorgt, daß das Filmband immer genau um ein Bild weiter bewegt wird. Auch hier kann die Transportzeit im Verhältnis zur Ruhezeit des Films verringert werden, nämlich dadurch, daß der Durchmesser der Walzen *W* vergrößert wird.

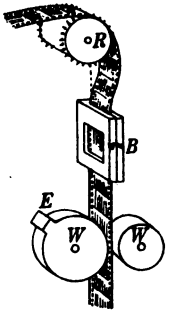


Abb. 29. Die Reibungsscheiben.

Die hier aufgezählten Systeme haben alle ihre Vorteile und Nachteile. Die Häufigkeit ihrer Anwendung entspricht etwa der Reihenfolge der Aufzählung. Übrigens werden je nach dem Zweck des Apparates, ob für Aufnahme oder Wiedergabe bestimmt, verschiedene Systeme bevorzugt, wie wir später sehen werden. Die Aufgaben, welche jedes System lösen muß, lassen sich etwa dahin präzisieren: der Mechanismus muß ein ruhiges „Stehen" des Bildes gewährleisten, das heißt, der Abstand der Bilder voneinander muß auf dem Film genau gleich groß bleiben; ferner muß ein Minimum der Filmtransportzeit erzielt werden; und schließlich soll der Film möglichst geschont und das Werk möglichst wenig abgenutzt werden. Bei mäßiger und normaler Beanspruchung wird jedes der beschriebenen Systeme diese Forderungen erfüllen. Aber alle Systeme der ruckweisen Filmbewegung haben einen gemeinsamen Nachteil: die Frequenz des Bildwechsels läßt sich nur bis zu einer relativ niedrigen Grenze treiben, 15—20 Wechsel pro Sekunde werden praktisch selten überschritten. Der Grund hierfür liegt eben darin, daß das Material dem plötzlichen Ruck nicht standzuhalten vermag, der natürlich bei hoher Frequenz immer stärker wird. Wie schon früher im ersten Kapitel erwähnt wurde, steht diese Tatsache

Digitized by Google

mit den theoretischen Forderungen nicht ganz im Einklang, indessen sind die erreichten Resultate, wie der Augenschein lehrt, immerhin für allgemeine Fälle schon recht zufriedenstellend.

Es gibt aber Aufgaben, die mit Hilfe der gewöhnlichen hier beschriebenen Mechanismen nicht lösbar sind. Es sind das die Fälle, bei welchen es sich entweder um die genaue Analysierung bis ins einzelne nicht allzurascher Bewegungsvorgänge handelt, wobei man also möglichst viele Bewegungsphasen erkennen will, oder wenn die Wiedergabe recht rascher Bewegungen ermöglicht werden soll. Hier führen nur Systeme mit kontinuierlicher Filmbewegung zum Ziele, die in der Folge etwas näher betrachtet werden sollen: es liegt auf der Hand, daß diese kontinuierliche Bewegung des Filmbandes irgendwie optisch kompensiert werden muß, denn sonst würde z. B. bei der Wiedergabe durch Projektion auf den Schirm bei der raschen Bewegung des Films überhaupt kein Bild sichtbar werden. Diese optische Kompensation nun kann im allgemeinen auf dreierlei Weise geschehen, und demgemäß zerfallen die Konstruktionen mit kontinuierlicher Filmbewegung in drei Hauptgruppen: Die Filmbewegung kann durch Bewegung des Objektives, oder durch Einschaltung von rotierenden oder schwingenden Prismen oder ebensolcher Spiegel vor oder hinter dem Objektiv optisch oder scheinbar aufgehoben oder „stationär" gemacht werden.

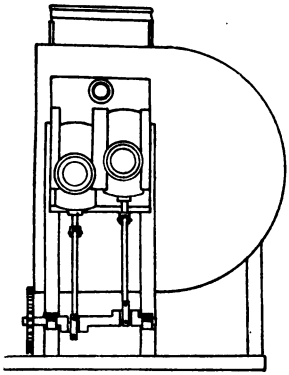


Abb. 30. Apparat mit parallel zum Film oszillierenden Objektiven.

Wir betrachten zunächst die Systeme mit bewegtem Objektiv. Es gibt Konstruktionen, bei welchen das Objektiv mittels eines Schlittens parallel zum Filmband oszilliert, und zwar mit gleicher Geschwindigkeit wie das Filmband läuft. Abb. 30 zeigt einen solchen Mechanismus von vorn gesehen, und zwar für stereoskopische Anordnung.

Es mag hier gleich erwähnt werden, daß alle Apparate mit irgend welchen oszillierenden Teilen, wie am eben erwähnten Beispiel, in bezug auf Frequenz des Bildwechsels nicht den höchsten Ansprüchen genügen. In dieser Hinsicht leisten die rotierenden Mechanismen bedeutend mehr.

Digitized by Google

Nach diesem Prinzip ist z. B. die in nebenstehender Abb. 31 dargestellte Konstruktion ausgeführt. Eine Anzahl Objektive, in diesem Beispiel 15, sitzen auf dem Umfang einer Kreisscheibe, so, daß jedes einzelne bei der Rotation der Scheibe an der Belichtungsstelle des Films vorbeigeführt wird, und zwar in gleicher Richtung und Geschwindigkeit wie der Film selbst. Es kommt hierbei nur ein kurzes näherungsweise als geradlinig zu betrachtendes Stück der Kreisbahn in Betracht, welches die Objektive zurücklegen, so daß jedes Objektiv innerhalb dieses Intervalles praktisch zusammen mit dem Film läuft und infolgedessen seine Bewegung optisch aufhebt. — Diese Konstruktion wurde von dem Amerikaner Jenkins im Jahre 1894 ausgeführt, nachdem bereits 1864 Ducos du Hauron das diesem System zugrunde liegende Prinzip angegeben hatte. Es gelang Jenkins, mit seinem Apparate in der Sekunde 250 Aufnahmen herzustellen.

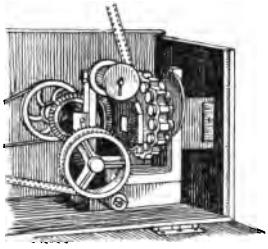


Abb. 31.
Apparat mit rotierenden Objektiven nach Jenkins.

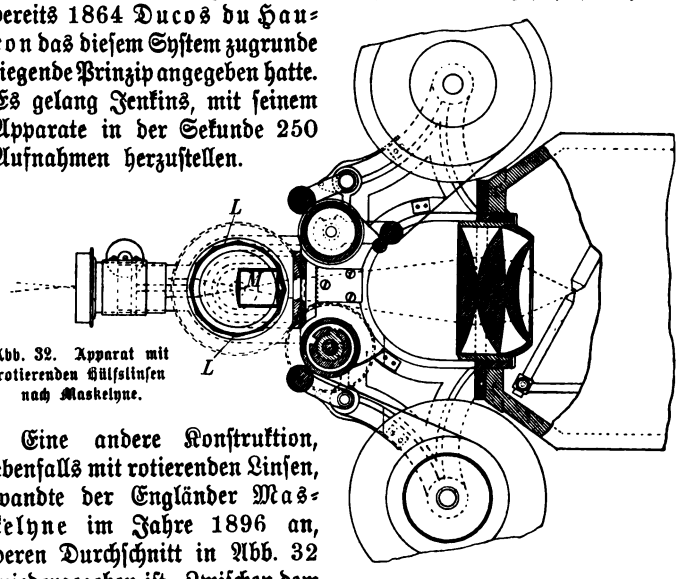


Abb. 32. Apparat mit rotierenden Hülfslinsen nach Maskelyne.

Eine andere Konstruktion, ebenfalls mit rotierenden Linsen, wandte der Engländer Maskelyne im Jahre 1896 an, deren Durchschnitt in Abb. 32 wiedergegeben ist. Zwischen dem feststehenden Objektiv und dem sich kontinuierlich bewegenden Film befindet sich eine rotierende Trommel L, die an ihrem Umfange eine Reihe, hier 12 Stück, Konkavlinsen trägt, die sich gegen-

Digitized by Google

seitig berühren. Innerhalb der Trommel befinden sich zwei feststehende Konvexlinsen M, deren Brechung gleich (aber mit entgegengesetztem Vorzeichen) der der Konkavlinsen ist. Steht nun die Trommel so, daß die optische Achse des ganzen Apparates durch die Mitten zweier Konkavlinsen geht, dann ist die optische Wirkungsweise der Trommel in Verbindung mit den Konvexlinsen gleich der einer Planparallelplatte, d. h. die Lichtstrahlen gehen ungebrochen hindurch, und das in jenem Moment gerade vor der Trommel stehende Bild wird in der richtigen Weise auf dem Projektionsschirm abgebildet. Die Trommel dreht sich nun in der Weise, daß die dem Film zunächst liegenden Linsen sich in gleicher Richtung und Geschwindigkeit wie das Filmband bewegen. Die jetzt in den Strahlengang tretenden Teile der Linsen (vgl. obenstehende Abb. 32) wirken wie Ablenkungsprismen mit variablem Winkel, und zwar derart, daß die durch das fortbewegte Bild fallenden Strahlen immer auf dieselbe Stelle des Projektionsschirmes gebrochen werden.

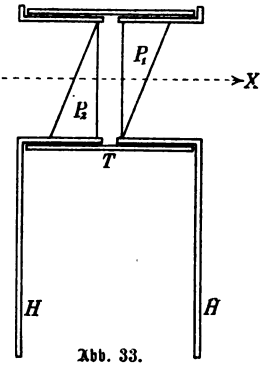


Abb. 33.
Schema einer Hilfsvorrichtung, mittels der die kontinuierliche Filmbandbewegung durch oszillierende Prismen „optisch stationär" gemacht wird.

Ganz ähnlich im Prinzip ist die Wirkungsweise der Konstruktionstypen, bei denen wirkliche Ablenkungsprismen, d. h. solche mit planen Flächen, verwendet werden. Eine Konstruktion dieser Art ist die in Abb. 33 skizzierte. In einer vor oder hinter dem feststehenden Objektiv angebrachten Trommel T oszillieren zwei Ablenkungsprismen P_1 und P_2 um die optische Achse x des gesamten Apparates mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, aber in entgegengesetzter Richtung. Die Drehungsachse geht hierbei durch die Zentren der Prismenflächen. Die nur 45^0 betragende Drehung der Prismen P wird durch die an ihrer Fassung eingreifenden Hebel H vermittelt, an denen besonders geformte Exzenter angreifen. Die Wirkung dieser Vorrichtung ist nun die, daß infolge der Drehung gewissermaßen ein einziges *feststehendes* Prisma mit kontinuierlich und periodisch veränderlichem Ablenkungswinkel entsteht, und zwar vom Wert O bis zu einem Maximum, und von da nahezu sprungweise, infolge der eigenartig geformten an H angreifenden Exzenterscheiben, wieder bis 0 Grad. Bei richtiger Wahl der Winkelgeschwindigkeit und der Ablenkungswinkel wird hierdurch

Digitized by Google

erreicht, daß das z. B. auf dem Projektionsschirm entworfene Bild vollkommen ruhig steht, während das Filmband kontinuierlich fortläuft. Die durch einfache Prismen entstehende Farbenzerstreuung kann durch achromatische Kombinationen beseitigt werden.

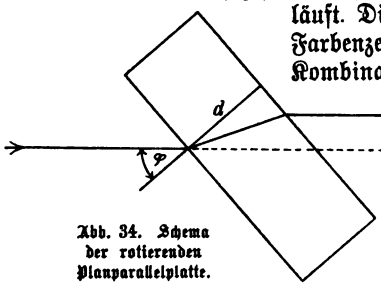


Abb. 34. Schema der rotierenden Planparallelplatte.

Ein weiterer, ebenfalls auf Strahlenbrechung beruhender Konstruktionstyp ist der des rotierenden Prismas mit planparallelen Gegenflächen. Den einfachsten Fall stellt die um eine zu ihren Flächen parallele Achse rotierende Planparallelplatte dar. Dreht man in dieser Weise eine solche Platte um einen Winkel φ, so erleidet bekanntlich der eintretende Strahl gegenüber dem einfallenden eine Parallelverschiebung AA', welche für kleine Winkel φ proportional dem Drehungswinkel φ ist (Abb. 34). Die absolute Größe von AA' hängt von der Dicke d der Platte ab. Bringt man nun diese Vorrichtung zwischen dem feststehenden Objektiv und dem kontinuierlich bewegten Film eines Kinoapparates an, so kann man es durch geeignete Wahl von d und der in einem bestimmten Verhältnis zur Filmbewegung stehenden Winkelgeschwindigkeit der gedrehten Platte erreichen, daß das Bild auf dem Projektionsschirm feststeht, oder daß bei der Aufnahme das vom Objektiv entworfene Bild relativ zum bewegten Film in Ruhe ist. — Vorteilhafter, weil ohne Strahlenunterbrechung wirkend, sind rotierende Prismen mit planparallelen Gegenseiten, d. h. Prismen mit dem Querschnitt eines regelmäßigen Vieleckes mit gerader Seitenzahl. In nebenstehender Abb. 35 ist als Beispiel die Verwendung eines vierseitigen Prismas mit quadratischem Querschnitt skizziert: O ist das Objektiv, P das Prisma, welches um eine senkrecht zur Bewegung des Filmbandes F gerichtete Achse rotiert. Die Pfeile deuten die Bewegungsrichtung von P und F an. In der an der Abbildung gerade angedeuteten Stellung des Prismas P findet der Übergang

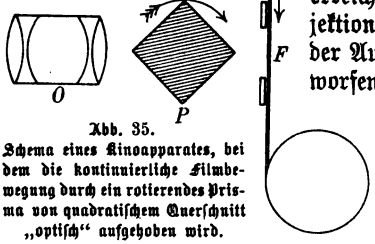


Abb. 35. Schema eines Kinoapparates, bei dem die kontinuierliche Filmbewegung durch ein rotierendes Prisma von quadratischem Querschnitt „optisch" aufgehoben wird.

Digitized by Google

von einem zum anderen Bilde statt, wobei vom Prisma zwei Hälften zweier Filmbilder zu einem Bilde auf dem Projektionsschirm vereinigt werden.

Diesen dioptrischen Konstruktionen reihen sich die katoptrischen Systeme an, welche im Grunde auf denselben Prinzipien ruhen, nur mit dem Unterschied, daß an Stelle der brechenden Flächen spiegelnde treten. Auch hier kann man wieder Systeme mit oszillierenden und rotierenden Spiegeln unterscheiden. Der Unterschied gegenüber den dioptrischen Systemen besteht im allgemeinen darin, daß die optische Achse des Apparates eine Knickung erfährt, die eventuell durch Anwendung eines zweiten Spiegels indessen wieder aufgehoben werden kann; ferner ist die Winkelgeschwindigkeit des schwingenden oder rotierenden Spiegels hier nur halb so groß zu nehmen, als wie die der Zahntrommel, welche den Film transportiert.

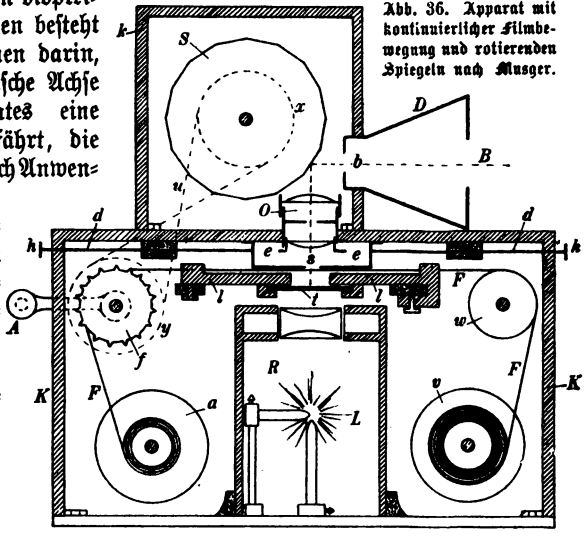


Abb. 36. Apparat mit kontinuierlicher Filmbewegung und rotierenden Spiegeln nach Musger.

Eine Konstruktion mit rotierendem Spiegel nach Musger ist in Abb. 36 skizziert. Das Filmband *F* wird durch die Zahntrommel *f* in kontinuierliche Bewegung versetzt, wobei es sich von der Rolle *v* ab- und auf die Rolle *a* aufwickelt. In der Führung *l* befindet sich bei *s* ein Ausschnitt, an welcher Stelle bei der Aufnahme durch das Objektiv *O* das Bild entworfen wird, oder durch welche bei der Projektion die Strahlen der Lampe fallen. Vor dem Objektiv rotiert eine prismenförmige Walze *S*, auf deren Flächen die Spiegel angebracht sind, in unserem Beispiel 17 Stück. Die Rotationsachse des Prismas ist parallel mit der Achse der Filmtransport-

Digitized by Google

rolle, auch sind die beiden Achsen derart miteinander gekoppelt, daß die Winkelgeschwindigkeit des reflektierten Strahles nur halb so groß ist wie die des einfallenden Strahles. Steht nun ein Filmbild genau in der Mitte von *s*, so muß der Zentralstrahl, wie in der Abbildung dargestellt, die Mitte eines Spiegels des Prismas treffen. Bewegt sich jetzt das Filmbild nach links weiter, so wird hierdurch für die dem Bild entsprechenden Strahlen der Einfallswinkel vergrößert, und um den gleichen Betrag würde das auch für den Reflexionswinkel der Fall sein, d. h. der reflektierte Strahl würde nach oben wandern und mit ihm das Bild auf dem Projektionsschirm, wenn der Spiegel sich nicht drehen würde. Letzteres geschieht aber nach dem Reflexionsgesetz genau um den Betrag, der nötig ist, damit der reflektierte Strahl seine ursprüngliche Lage beibehält; das Bild auf dem Projektionsschirm steht also unbeweglich fest. Es mag noch bemerkt werden, daß von der Anzahl der Spiegel auf dem Prisma der Winkel abhängt, welchen je zwei Spiegel miteinander bilden, und dieser Winkel wieder ist maßgebend für die Größe bzw. den Abstand der Bilder auf dem Filmband.

Es verdient noch hervorgehoben zu werden, daß die meisten Konstruktionen mit kontinuierlich bewegtem Filmband gegenüber denen mit ruckweise bewegtem (abgesehen von der bereits erwähnten höheren Bildwechselfrequenz) den weiteren Vorteil haben, daß im allgemeinen die Verwendung von Blenden, die irgend einen Teil des Bewegungsvorganges verdecken sollen, unnötig ist; hierdurch wird also auch bei langsamem Bildwechsel ein Flimmern vollständig vermieden, da ja der Bildwechsel kontinuierlich erfolgt, d. h. so, daß das eine Bild unmerklich in das andere übergeführt wird. Zweifellos ist letzteres die vollkommenere Lösung des ganzen Problems der Kinematographie, wobei auch noch der Vorteil der größten Lichtausnutzung nebenhergeht. Ein weiterer, für die Praxis sehr ins Gewicht fallender Vorteil der kontinuierlichen Filmbewegung zeigt sich in der außerordentlichen Schonung des Filmbandes, die selbst bei sehr großer Filmgeschwindigkeit, wie sie durch derartige Apparate erreicht werden kann, eine fast vollkommene ist. Daß sich bisher noch keine einzige der Konstruktionen mit kontinuierlich bewegtem Filmband für die allgemeine Verwendung einbürgerte, liegt an der hohen Präzision, die Herstellung und Handhabung dieser Apparate außerordentlich verteuert. Allerdings muß hierbei berücksichtigt werden, daß seit der Erfindung der meisten Konstruktions-

Digitized by Google

typen mit kontinuierlicher Filmbewegung noch kaum ein Jahrzehnt verflossen ist, so daß wohl die technische Durcharbeitung dieser schwierigen Systeme noch nicht als beendet zu betrachten ist. Man kann daher mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß den Kinematographenapparaten mit kontinuierlicher Filmbewegung die Zukunft gehört. Die bisher überhaupt erreichte Bildwechselfrequenz, die bei kontinuierlicher Filmbewegung erzielt wurde, beträgt 5000 pro Sekunde. Über die ziemlich komplizierten Apparate, welche dies leisten, wird später bei den Spezialanwendungen der Kinematographie berichtet werden.

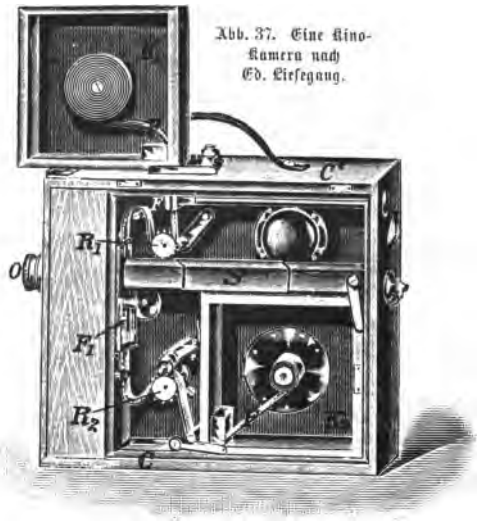


Abb. 37. Eine Kinokamera nach Ed. Liesegang.

Ebenso mannigfaltig wie die Konstruktion der einzelnen Teile der Kinoapparate ist natürlich auch die Konstruktion der ganzen Apparate selbst. Wir können hier nur einige charakteristische Typen herausgreifen, deren Wirkungsweise wir an der Hand von geeigneten Abbildungen betrachten wollen. Zunächst sollen hier die für Berufszwecke geeigneten Apparate behandelt werden, also Apparate, welche höheren Anforderungen genügen.

Der kinematographische Aufnahmeapparat ist im Prinzip die Verbindung einer gewöhnlichen photographischen Kamera mit irgend einer der soeben beschriebenen Konstruktionen zur Fortbewegung des Filmbandes. Dementsprechend besteht der Aufnahmeapparat aus einem photographischen Objektiv O (vergl. Abb. 37), der lichtdichten Kamera C, die geöffnet abgebildet ist, um den Mechanismus zur Fortbewegung des lichtempfindlichen Filmbandes F zu zeigen, sowie den beiden Kassetten K_1 und K_2, die zur Aufnahme des unbelichteten und des belichteten Films dienen. Natürlich sind die Anordnungen der einzelnen Teile bei den verschiedenen Fabrikaten verschieden; der hier gezeichnete Apparat entspricht dem von der Firma Ed Liesegang in Düsseldorf hergestellten.

Digitized by Google

Da mit dem kinematographischen Aufnahmeapparate fast ausschließlich Momentaufnahmen gemacht werden, so ist hierbei die Verwendung von besonders lichtstarken Objektiven vom Vorteil, die ein Arbeiten auch bei verhältnismäßig ungünstigen Lichtverhältnissen gestatten. Wir können uns hier auf die Prinzipien der photographischen Optik nicht näher einlassen, nur daran sei errinnert, daß man mit Lichtstärke eines Objektives das Verhältnis von Durchmesser der freien Öffnung zur Brennweite versteht. Die Lichtstärke der hier in Betracht kommenden Objektive ist gewöhnlich 1 : 5 oder 1 : 4, 5; mit zu den lichtstärksten gehören die Spezialobjektive für Kinematographie der Firma Carl Zeiß in Jena, das Tessar 1 : 3, 5 (vgl. Abb. 38), mit dessen Hilfe z. B. schon kinematographische Interieuraufnahmen möglich sind. Die große Lichtstärke allein ist aber noch nicht ausreichend, die Objektive müssen auch noch sphärisch und chromatisch korrigiert sein, d. h. sie müssen alle von einem Objektpunkte ausgehenden Strahlen verschiedener Farbe wieder in einem Bildpunkte vereinigen, und ferner müssen sie anastigmatische Bildfeldebenung besitzen, d. h. es müssen auch die am Rande des Bildes liegenden Bildpunkte punktförmig sein und in einer Ebene, der Bildebene, liegen. Alle diese Forderungen werden z. B. vom Tessar in vorzüglicher Weise erfüllt. Ein Spezialobjektiv für Kinematographie mit der praktisch erreichbaren höchsten Lichtstärke wird in einiger Zeit von der Firma Zeiß in den Handel gebracht werden. Die Brennweite der kinematographischen Objektive ist infolge des kleinen Bildformates 18×24 mm² wesentlich kürzer, als wie sie z. B. für Handkameras üblich ist, sie beträgt in der Regel 50—75 mm.[1])

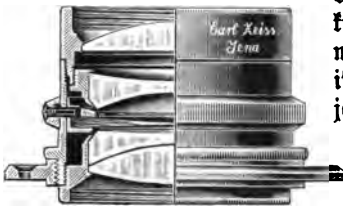


Abb. 38. Das Tessar, ein lichtstarkes Objektiv für Kino-Aufnahmen.

Wie schon früher erwähnt wurde, werden für gewöhnlich selten mehr als 15—20 Aufnahmen pro Sekunde mit dem Kinoapparat erzeugt. Im günstigsten Falle würde das also eine Expositionszeit von $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ Sekunde bedeuten, was man noch als verhältnismäßig langsame Momentaufnahmen bezeichnen kann. Bei Darstellung von Bewegungen schon mittlerer Winkelgeschwindigkeit

1) Näheres über die Objektive ist zu ersehen aus: M. v. Rohr, Die optischen Instrumente. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig 1911.

Digitized by Google

(vgl. Seite 38) würde hierbei Unschärfe entstehen. Man braucht also bei den Aufnahmeapparaten das Verhältnis zwischen Ruhestellung und Fortbewegungszeit des Filmbandes nicht so groß zu nehmen, als wie bei den Apparaten der Wiedergabe (vgl. Seite 31 ff.). Die Regulierung der Belichtungszeit geschieht in der Regel durch eine vor der Belichtungsstelle des Films rotierenden Blendenscheibe, die mit verstellbaren Sektorenausschnitten versehen ist. In Abb. 37 ist diese Scheibe nicht sichtbar, dagegen zeigt sie Abb. 46 auf Seite 81. Diese Scheibe *A* wirkt genau so, als wie der häufig an Handkameras angebrachte Schlitzverschluß. Auch der eigentliche Mechanismus zur ruckweisen Fortbewegung des Filmbandes ist in nebenstehender Abb. 37 nicht sichtbar, da er innerhalb des verdeckten Teiles der Kamera nach rückwärts in das Filmband greift.

Die Praxis hat gelehrt, daß der geeignetste Bewegungsmechanismus für den Aufnahmeapparat der Greifer ist, dessen Konstruktion wir auf Seite 61 bereits besprochen haben. Dementsprechend rüsten auch viele Firmen ihre Aufnahmeapparate mit einem derartigen Mechanismus aus. Der Gang des Filmbandes *F* ist nun folgender: die Kassette K_1, welche auf der Kamera befestigt wird, enthält das zusammengerollte und noch unbelichtete Filmband, das durch Schlitze, die mit Lichtabschlußvorrichtungen versehen sind, in die Kamera eintritt. Durch die Zahntrommel R_1, deren Zähne genau in die Perforation des Filmbandes eingreifen, wird der Film aus der Kassette K_1 abgewickelt und bildet hinter der Zahntrommel eine Schlaufe. Sodann tritt das Filmband in die Bremsvorrichtung F_1 ein, das Fenster genannt. Es ist das ein doppelter Rahmen mit rechteckigem Ausschnitt, der genau in der Bildebene des Objektives liegt. Das Fenster hat zweierlei Funktionen: einmal bremst es den Lauf des Films zwischen seinen doppelten Rahmen, und zwar geschieht das nur an den beiden Seiten des Films, um die Bildfläche nach Möglichkeit zu schonen, und ferner führt es den Film möglichst plan durch die Bildebene des Objektives. Am unteren Teil des Fensters greift der Fortbewegungsmechanismus in die Perforation ein und zieht das Filmband ruckweise durch das Fenster. Unterhalb des Fensters bildet der Film ruckweise eine zweite Schlaufe, die von der Zahntrommel R_2 jedesmal wieder aufgezehrt wird. Der im Fenster belichtete Film tritt dann auf dem Weg über R_2 in die Kassette K_2 ein, wo er wieder zusammengerollt wird. Die Achse, um welche sich das Filmband aufrollt, erhält in unserem Falle ihren Antrieb

Digitized by Google

durch das Werk, bei anderen Konstruktionen bisweilen auch durch ein besonderes Uhrwerk. Die Kassetten *K* können Filmstreifen bis etwa zu einer Länge von 200 m aufnehmen. Rechnet man die Höhe der Filmbildchen einschließlich ihrer Abstände zu 20 mm, so enthält ein solcher Film ca. 10000 Bildchen; und nimmt man ferner an, daß der Bildwechsel pro Sekunde 20 beträgt, so kann man einen Bewegungsvorgang, der etwa 8—9 Minuten dauert, aufnehmen. Die Wiedergabe umfaßt natürlich dieselbe Zeitdauer, falls sie korrekt sein soll. Im allgemeinen werden aber mehrere Vorgänge von geringerer Zeitdauer auf ein und demselben Film aufgenommen. Um nun bei der photographischen Behandlung der einzelnen Abschnitte die entsprechenden Filmteile leicht kenntlich zu machen, wird mit einer in der Kamera angebrachten von außen zu betätigenden Markiervorrichtung ein Loch in den Film gestochen. Ferner ist mit dem Kinomechanismus ein an der Kamera außen sichtbar angebrachtes Zählwerk verbunden, welches die Länge des belichteten Filmbandes anzeigt.

Der Antrieb des Kinowerkes geschieht mit einer Kurbel, die sich bei der Liesegangschen Kamera an drei mit verschiedener Geschwindigkeit rotierenden Achsen ansetzen läßt: eine Kurbelumdrehung ergibt entweder 8, 4 oder 1 Belichtung. Letztere Kurbelschaltung wird bei solchen Fällen angewendet, wo die einzelnen Belichtungen in größeren Zeitabständen erfolgen müssen, wie z. B. bei der Aufnahme einer wachsenden Pflanze u. dgl. Zur Kontrolle, ob die Kurbel in der richtigen Geschwindigkeit gedreht wird, dient der an der Rückwand der Kamera angebrachte Geschwindigkeitsmesser, der angibt, wieviel Bilder in der Sekunde belichtet werden. Dieses Instrument ist mit dem Werk gekoppelt und wird durch Zentrifugalkraft betätigt.

Genau wie zu einer gewöhnlichen photographischen Kamera gehört zum Kinoaufnahmeapparat auch ein Sucher und eine Einstellvorrichtung. Die Konstruktion des ersteren ist wohl genügend bekannt. Die Einstellvorrichtung besteht aus dem Rohre *S*, das am hinteren Ende eine Mattscheibe trägt, die genau an die Stelle des vorher entfernten Films im Fenster *F* geschoben wird. An das rechte Ende des Rohres *S* wird das Auge gebracht. Während der Aufnahme wird diese Öffnung lichtdicht abgeschlossen. Die Einstellung selbst geschieht durch Verschiebung des Objektives mittels Zahn und Trieb oder Schneckengang. Bei der üblichen kurzen Brennweite des Objektives tritt bereits bei einer Objektentfernung

Digitized by Google

von 5 Metern praktisch die Stellung auf unendlich ein. Auf kürzere Entfernungen läßt sich natürlich auch mittels Skala am Objektiv einstellen.

Die Dimensionen des Liesegangschen Apparates sind 34 × 30 × 16 cm und sein Gewicht beträgt 8 kg. Da der Aufnahmeapparat im allgemeinen für Reisen und Exkursionen bestimmt ist, so muß er kräftig gebaut sein; dementsprechend erfordern diese Apparate auch ein kräftiges Stativ. Dieses besitzt in der Regel eine horizontal drehbare Kopfplatte, worauf die Kamera geschraubt wird. Die Drehung kann mittels Kurbel oder mit der bloßen Hand bewerkstelligt werden und hat den Zweck, dem aufzunehmenden Bewegungsvorgang, der am Standort vorbeizieht, mit der Kamera zu folgen. Nebenstehende Abb. 39 zeigt den oberen Teil eines solchen Stativs.

Abb. 39. Stativ für Kinokameras.

Eine besondere Vorrichtung, welche z. B. geeignet ist zur Herstellung von sogenannten Trickfilms (siehe Seite 88), ist an dem neuen Aufnahmekino der Firma Ernemann in Dresden (Modell B) angebracht. Sie ermöglicht eine Rückwärtsbewegung des Filmbandes. Im übrigen ist die soeben genannte Kamera ebenfalls von großer Vollkommenheit und mit den modernsten Einrichtungen versehen.

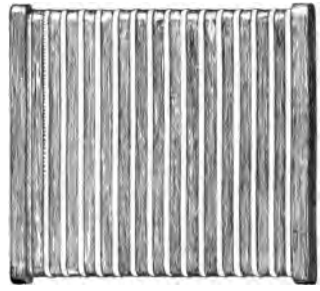


Abb. 40. Entwicklungsrahmen für Filmbänder.

Die photographische Behandlung der im Aufnahmekino belichteten Negativ-Filmbänder geschieht in genau derselben Weise und in genau denselben chemischen Bädern wie bei den in gewöhnlichen Kameras belichteten Negativplatten oder Films, ist also genügend bekannt, so daß wir uns dabei nicht weiter aufzuhalten brauchen. Nur die dazu nötigen Vorrichtungen sind infolge der enormen Länge der Filmbänder besonders bemerkenswert. Bänder von mäßiger Länge werden zum Zweck der Entwicklung auf geeignete Rahmen aufgewickelt. Ein solcher ist in Abb. 40 dargestellt.

Digitized by Google

Diese Rahmen werden samt aufgewickeltem Film in große flache Schalen gelegt, in denen die verschiedenen, zur Entwicklung und Fixierung nötigen Chemikalien in Lösung enthalten sind. Längere Films werden auf große Trommeln gewickelt (Abb. 41), die unten in geeignete mit den Lösungen gefüllte Tröge tauchen. Durch gleichmäßiges Drehen wird dafür Sorge getragen, daß die photographische Schicht in der richtigen Weise benetzt wird. Das Wässern und Trocknen der Films geschieht ebenfalls auf diesen Aufwickelvorrichtungen. Auch Fabriken, welche die Herstellung und Behandlung der Films im großen betreiben, bedienen sich solcher Trommeln, wie untenstehende Abb. 42 des Trockenraumes einer Filmfabrik zeigt.

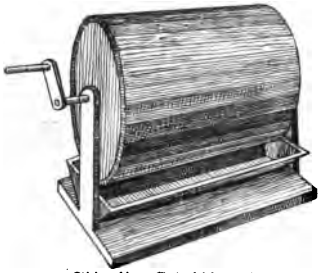


Abb. 41. Entwicklungstrommel für lange Filmbänder.

Um die Wiedergabe der Aufnahmen zu ermöglichen, müssen mittels des entwickelten Negativfilms die Positivfilms durch Kopieren hergestellt werden. Das geschieht fast ausschließlich durch sogenannte Kontaktkopie, d. h. ohne Zuhilfenahme von Linsen, und zwar mittels geeigneter Kopiermaschinen. Letztere sind im Prinzip ganz ähnlich eingerichtet wie der Aufnahmekino, nur daß hierbei durch das „Fenster" der entwickelte Negativfilm zusammen mit dem zu belichtenden Positivfilm „Schicht an Schicht" gleitet und vom Licht unmittelbar, ohne Zwischenschaltung eines Objektives, getroffen wird. Als Bewegungsmechanismus dient auch hier wieder vorzugsweise der Greifer. Es gibt jedoch auch Kopiermaschinen, bei denen die Filmbänder lediglich durch kontinuierlich laufende Zahntrommeln befördert werden (denn eine ruckweise Bewegung ist ja beim Kopieren auch gar nicht nötig). Aber hierbei müssen die Perforationen von Negativ- und Positivfilms vollkommen identisch sein, was nicht immer der Fall ist. Kleine Differenzen

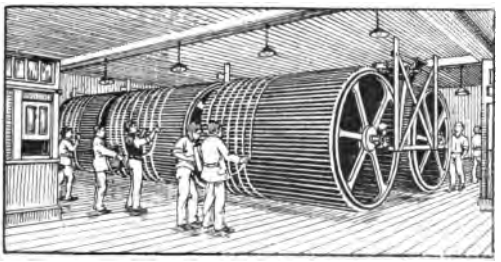


Abb. 42. Trockenraum einer Filmfabrik.

Digitized by Google

kommen doch bisweilen vor, die aber durch den Greifermechanismus meist hinlänglich ausgeglichen werden, während die konisch geformten Zähne der Zahntrommel allein keine Gewähr dafür bieten.

Auch der belichtete Positivfilm wird genau so wie der Negativfilm behandelt, wodurch man die üblichen schwarz-weißen Bilder erhält. Bisweilen gewinnen aber Aufnahmen gewisser Vorgänge bedeutend, wenn sie einen anderen Farbton erhalten, so z. B. Aufnahmen der Meeresbrandung durch blaugrüne Tönung usw. Es geschieht dies durch das sogenannte Tonen der Films, wobei das schwarze Silber der entwickelten Schicht durch andere Metalle, wie z. B. durch Eisen, Kupfer, Uran u. dgl. ersetzt wird. Durch geeignete Anwendung von Eisensalzen nämlich erzielt man blaue bis blaugrüne Töne, durch Uran und Eisensalze grüne, durch Uransalze allein braune, und durch Kupfersalze rote Töne usw. Hierbei werden die dunklen „gedeckten" Partien des Bildes gefärbt, während die Lichter mehr oder weniger weißlich bleiben. Das umgekehrte erreicht man durch Anfärben der Films mittels Anilinfarben, wodurch nur die „Lichter" gefärbt werden. Durch Kombination beider Arten der Färbung kann man Doppeltönung erreichen. Auf diese Weise werden z. B. bei den sogenannten „Nachtaufnahmen" gute Effekte erzielt, indem ein blau getonter Film nachträglich rot angefärbt wird. Hierdurch entsteht ein violettes Bild mit roten Lichtern.

Auf das Kolorieren der Positivfilms ist schon oben auf Seite 47 hingewiesen worden, ebenso auf das Anfärben der besonders kontrastreichen Films mit größeren ungedeckten Flächen (wie z. B. „Himmel" usw.) als Mittel zur Verminderung des Flimmerns (Seite 37); es zeigte sich, daß die Verschmelzungsfrequenz für gefärbte Lichter tiefer liegt als für weißes Licht. — Der auf hier beschriebene Weise erzielte Positivfilm wird nun zur Wiedergabe des auf ihm in den einzelnen Phasen dargestellten Bewegungsvorganges verwendet. Zu diesem Zweck wird der Positivfilm besonderen Apparaten zur Wiedergabe einverleibt. Diese Apparate können je nach ihren Bestimmungen zweierlei Art sein: entweder sind sie als Betrachtungs- oder als Projektionsapparate konstruiert.

Die kinematographischen Betrachtungsapparate sind hauptsächlich als sogenannte „Automaten" ausgebildet, die durch Einwurf eines Geldstückes in Tätigkeit treten, und irgendeinen besonders hierfür geeigneten Vorgang von allgemeinem Interesse vorführen, z. B. das Auslaufen eines Kriegsschiffes aus dem Hafen

Digitized by Google

u. dgl. Auch bei diesen Apparaten wird das Filmband ruckweise Bild für Bild weiter bewegt. Die Präzision dieser Betrachtungsapparate ist im allgemeinen in relativ mäßigen Grenzen gehalten, da das Auge geringere Fehler infolge der hierbei angewandten schwachen Vergrößerung (3—4fach) der Teilbildchen nicht so leicht bemerkt. Einen einfachen Betrachtungsapparat, Mutoskop genannt, haben wir auf Seite 8 gesehen.

Wesentlich höhere Anforderungen werden dagegen an den kinematographischen Projektionsapparat gestellt, auch kurz „Kinoprojektor" genannt, denn mit diesem wird das Filmbild sehr stark vergrößert (oft 200—300fach linear) auf die Projektionswand geworfen. Es geschieht das fast ausschließlich mit künstlichem Licht. An einem kompletten Kinoprojektor sind daher folgende Teile zu unterscheiden: der optische Teil, bestehend aus der Vorrichtung zur intensiven Beleuchtung des Filmbildchens und dem Projektionsobjektiv, ferner der Lampe mit der Lichtquelle, und schließlich der Bewegungsmechanismus, der auch hier wieder meist eine ruckweise Bewegung des Filmbandes hervorbringt, außerdem gehört noch die Projektionswand dazu, welche das vergrößerte Bild auffängt und dem Auge darbietet. Die optische Einrichtung ist in Abb. 43 schematisch aufgezeichnet. In *L* befindet sich die Lichtquelle, meist der positive Krater einer Bogenlampe. *C* sind die Kondensorlinsen, deren Dimensionen und Radien so berechnet werden, daß möglichst viel Licht in das Projektionsobjektiv *O* konzentriert wird. Durch die Bildebene von *O* läuft der Film *F*, und zwar derart, daß nach jedem Ruck immer ein Filmbild genau in der Bildebene von *O* einen Moment stehen bleibt. Die Öffnung und Brennweite des Kondensors ist ferner so bemessen, daß durch das Bild *FF* in der Bildebene von *O* fast alles durch *C* konzentrierte Licht hindurchgeht. Von dem Projektionsobjektiv gilt genau dasselbe, was oben über das Aufnahmeobjektiv gesagt wurde. Es mag noch hinzugefügt werden, daß bei dem Kinoprojektor lichtstärkere Objektive verwendet werden müssen als bei der Projektion gewöhnlicher Diapositive, da bei ersterem bei nahezu gleicher Größe des durch den Kondensor erzeugten Bildes der Lichtquelle die Brennweite des Objektives kürzer ist. Besonders hohe Anforderungen in dieser Hinsicht

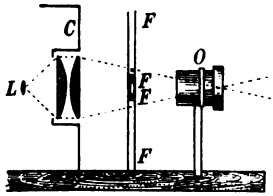


Abb. 43. Schema des Projektors.

Digitized by Google

werden durch die Verwendung relativ ausgedehnter Lichtquellen gestellt, wie z. B. des Gasglühlichtes usw. In diesen Fällen wird das obenerwähnte neue Objektiv der Firma Karl Zeiß, das „Biotar", mit der maximalen Lichtstärke gute Dienste tun.

Während bei den Aufnahmeapparaten der Greifer als der bevorzugte Bewegungsmechanismus gilt, ist es bei den Kinoprojektoren das Malteserkreuz, dessen Konstruktion und Wirkungsweise auf Seite 58 beschrieben wurde.

Auch beim Kinoprojektor wollen wir die vollständige Einrichtung an der Hand eines konkreten Beispieles erläutern. Wir wählen hierzu den Kinoprojektor 2 der Firma H. Ernemann A.-G. in Dresden, der in umstehender Abb. 44 abgebildet ist. Dieser Apparat soll den höchsten Anforderungen in bezug auf Stabilität, Präzision, Haltbarkeit und Schonung des Filmbandes genügen, wie es von solchen Apparaten verlangt wird, die für große Theater und Variétés bestimmt sind, und die der enormen Hitze des ungewöhnlich starken Bogenlichtes standhalten müssen. Infolgedessen ist der Ernemannsche Kinoprojektor kein Produkt der Feinmechanik, sondern er stellt im wesentlichen eine wirkliche Präzisionsmaschine vor, d. h. er zeigt in seinen Konstruktionselementen die charakteristischen Eigenschaften einer Maschine, etwa im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Uhrwerk. Sämtliche Lager bilden ein einziges kräftiges Gußstück. Eine weitere Besonderheit dieses Apparates ist der Umstand, daß sämtliche Bewegungsübertragungen nur durch Zahnräder erfolgen; Kettenübertragung, wobei Dehnungen und Zerreißungen vorkommen können, ist prinzipiell vermieden. Hierdurch wird die Präzision der Bildwechslung und die Betriebssicherheit am besten gewährleistet. Die Abb. 44 zeigt die innere Seite des Apparates, in der Richtung des einfallenden Lichtes. Die Beleuchtungsvorrichtung ist hier weggelassen. Der Antrieb des Werkes erfolgt entweder mit der Hand durch die Kurbel *K* oder mittels Motor, dessen Transmission an dem an einer schneller laufenden Welle sitzenden Schwungrad *S* angreift. Dieses Schwungrad dient dazu, kleine Ungleichmäßigkeiten im Antrieb der Maschine auszugleichen. Das Objektiv *O* ist auf einer Stange verschiebbar und wird durch den Zahntrieb *T* fein eingestellt. Vor dem Objektiv rotiert die Blende *B*, welche während der Zeit des Filmtransportes den Strahlengang jedesmal abblendet. Außer des einen Blendensektors, welcher während des Filmtransportes das Licht zurückhält, sind noch zwei weitere etwas schmälere Sektoren angebracht (an der nächsten Abb. 45

Digitized by Google

deutlicher zu sehen), welche während der Ruhestellung des Films das Licht intermittierend auf die Projektionswand fallen lassen. Es ist das ein bekanntes Mittel zur Verminderung des Flimmerns

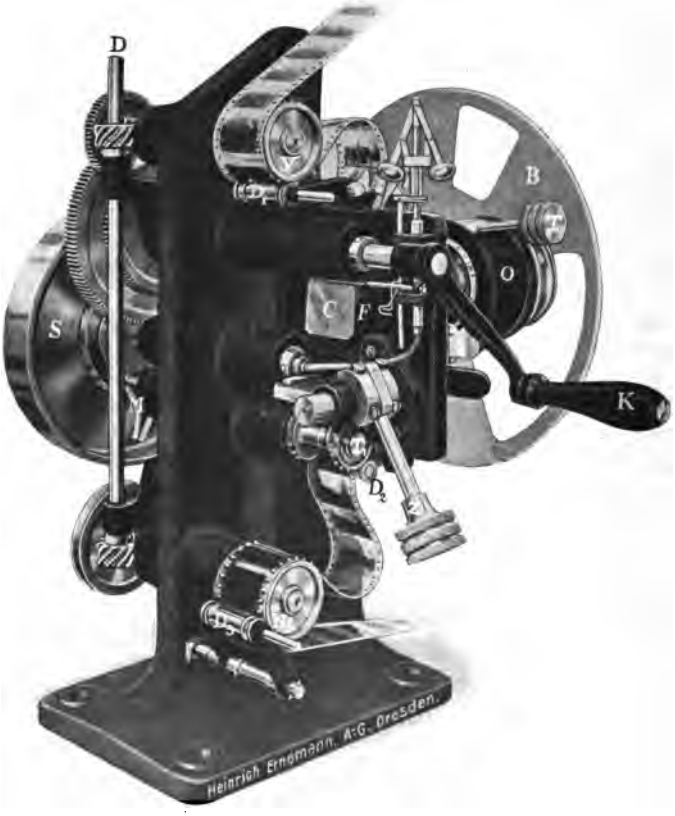


Abb. 44. Ein moderner Kinoprojektor.

(vgl. Seite 35). Das Filmband läuft von der oberen Filmrolle, die hier in der Abbildung nicht mitgezeichnet ist, über den Vorwickler *V*, der ganz identisch gebaute Nachwickler *N* führt den Film zum (hier nicht sichtbaren) Aufwickler. *V* und *N* sind uns vom Aufnahmeapparat her schon bekannte Zahntrommeln, welche dem

Digitized by Google

Film eine gleichmäßige Geschwindigkeit geben. Sie sind durch die an der Welle D sitzenden sogenannten Drallräder zwangläufig miteinander verbunden. Zwischen V und N jedoch erhält der Film eine ruckweise Bewegung, und damit keine Spannungen entstehen, muß er hinter V und vor N je eine Schleife bilden. In dem Rahmen des Fensters F, dessen Dimensionen einem Filmbildchen entsprechen, wird der Film an den Seiten gebremst, und unterhalb des Fensters F greift die Transporttrommel T_1 mit ihren Zähnen ruckweise in die Perforation des Filmbandes ein. Diese ruckweise Bewegung erhält die Trommel T_1 von dem auf derselben Achse sitzenden Malteserkreuz M (S. 58), das als „Seele" des ganzen Apparates besonders sorgfältig ausgeführt und aus bestem Material hergestellt ist. Einen Antrieb erhält dieses vierteilige Kreuzrad von einem am Schwungrad sitzenden Stift, der zu einer Rolle ausgebildet ist, um die Reibung möglichst zu mildern. Die Druckrollen $D_1 D_2 D_3$ pressen den Film durch Federspannung an die Transporttrommeln an, so daß Unebenheiten wie z. B. Kittstellen im Film ungehindert hindurchgehen können. Beim Einlegen des Films kommt es meist vor, daß die Filmbildchen in der Ruhestellung des Films nicht vollständig im Belichtungsfenster F liegen, sie müssen erst noch zentriert werden. Dies geschieht durch Verschieben einer kleinen Führungsrolle zwischen Fenster F und der Trommel T durch Drehen am Knopf Z. Hierdurch wird die Lage des Filmbildes in F geändert.

Schließlich ist noch die Feuerschutzvorrichtung zu erwähnen. Steht der Mechanismus bei eingespanntem Film und in Tätigkeit gesetzter Lampe in Ruhe, so würde infolge der leichten Brennbarkeit des Zelluloids der Film Feuer fangen, und zwar im Fenster F, wohin die konzentrierten Strahlen treffen. Damit das nicht geschieht, wird das Fenster F durch die Klappe C geschlossen, die infolge der Zentrifugalkraft durch eine dem bekannten Regulator der Dampfmaschine ähnliche Vorrichtung betätigt wird, welche mit dem Schwungrad durch eine biegsame Welle gekoppelt ist.

Den gebrauchsfertigen Apparat zeigt Abb. 45, in Verbindung mit einer Projektionslampe und den Filmrollen, die in sogenannten Feuerschutztrommeln liegen. Letztere sind so eingerichtet, daß ein Weiterbrennen außen in Brand geratener Films innerhalb der Trommel unmöglich ist. Am Apparat ist hier noch ein zweites Projektionsobjektiv mit normaler Brennweite angebracht, das gewöhnliche Diapositive zu projizieren gestattet. Zu diesem Zweck wird die Lampe auf zwei Schienen seitlich verschoben. Das Ganze steht

Digitized by Google

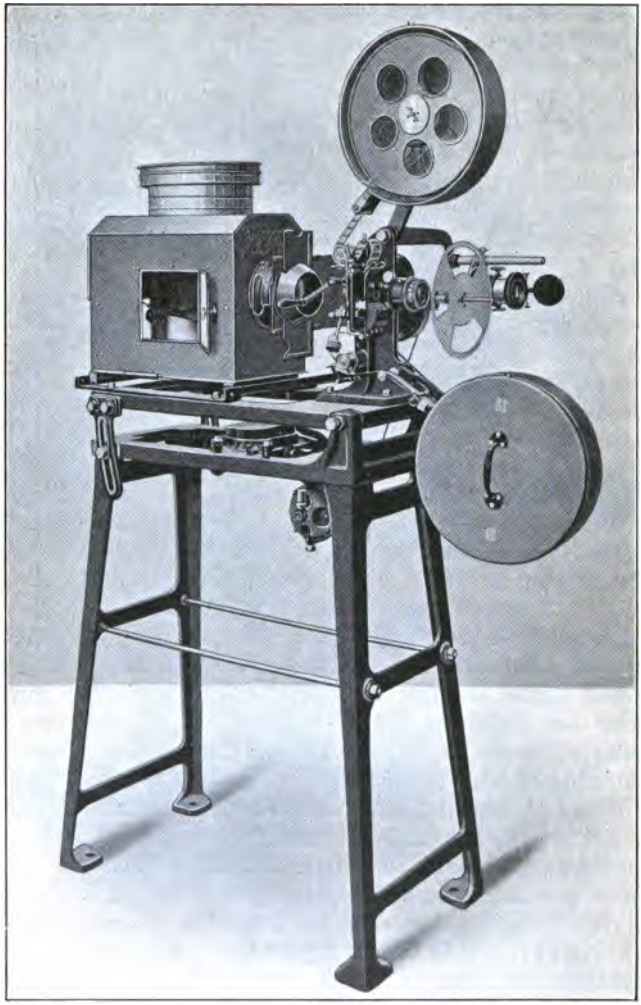


Abb. 45. Die vollständige Einrichtung eines Kinematographenapparates.

Digitized by Google

auf einem stabilen eisernen Tisch mit neigbarer Platte. Unter dieser ist ein kleiner Motor für den elektrischen Antrieb des Werkes sichtbar.

Als Lichtquelle kommt bei Kinoprojektoren, die höheren Ansprüchen genügen sollen, natürlich nur das elektrische Bogenlicht in Frage, höchstens kann allenfalls noch das mit Knallgas oder Azetylensauerstoff erzeugte Kalklicht herangezogen werden. Für schwächere Vergrößerung der Projektionsbilder genügen aber auch schwächere Lichtquellen, wie z. B. die Nernstlampe, bei Verwendung von lichtstarken Objektiven auch schon das Gasglühlicht, womit sich z. B. der Amateur für den Hausgebrauch in den meisten Fällen wird begnügen können.

Abb. 46. Ein kleiner Universalkino.

Für den Amateur sind die als Beispiele für die Berufskinematographie beschriebenen Apparate nicht nur zu kostspielig in der Anschaffung und im Betrieb, sondern auch zu umständlich und zu zeitraubend in der Handhabung. Verschiedene Fabriken haben daher schon seit einiger Zeit kleinere Universalkinematographenapparate konstruiert. Ein solch kleiner Apparat ist alles in allem: Aufnahmeapparat, Kinoprojektor, Kopierapparat, Betrachtungsapparat. Trotz dieser Vielseitigkeit sind die Leistungen eines gut konstruierten Universalapparates durchaus achtungswert, ja vielfach haben derartige Apparate schon in der Wissenschaft Anwendung gefunden. Die Handhabung der Universalapparate ist einfach, und die Betriebskosten sind geringer als bei den Spezialapparaten. Das teuerste daran ist nämlich der Film, der bei den kleineren Apparaten wesentlich schmäler gehalten wird; hier beträgt die Bildhöhe nur 1 cm, gegenüber 1,8 cm bei den Spezialapparaten. Auch ist die Perforation in der Mitte des Films zwischen den einzelnen Bildern angebracht, so daß auch in der Breite des Films gespart wird. Für

Digitized by Google

den gewöhnlichen Bedarf wird man bei der Wiedergabe eines Vorganges mit 10—15 m Film ausreichen; rechnet man etwa 15 Bildwechsel pro Sekunde, so kann man einen Bewegungsvorgang aufnehmen, der 1—1½ Minuten dauert. Ein Beispiel eines solchen Universalkinos zeigt vorstehende Abb. 46, die den Ernemann-Kino der Firma H. Ernemann in Dresden darstellt. Dieser Miniaturapparat kann bequem in der Rocktasche getragen werden, da er nur 9 cm breit und 14 cm hoch ist. Die Abbildung zeigt die rückseitig angesetzte Kassette, welche die beiden Filmrollen sowohl für den belichteten als auch für den unbelichteten Film beherbergt. Die Vorderwand mit dem Objektiv ist aufgeklappt dargestellt, um das Werk erkennen zu lassen. Als zweckmäßigster Bewegungsmechanismus für Universalapparate hat sich das Malteserkreuzrad gezeigt, das in *E* zu sehen ist. *D* ist die Filmtransportrommel,

Abb. 47. Der Universalkino als Projektor.

die entsprechend der besonderen Perforierung der Spezialfilms die Zähne in der Mitte trägt. Die rotierende Blende mit den zum Zweck der Veränderung der Expositionszeiten verstellbaren Sektoren ist in *A* dargestellt. *C* ist das Belichtungsfenster.

Zum Zweck des Kopierens wird der Positivfilm in die angesetzte Kassette gebracht, während die den entwickelten Negativfilm enthaltende Rolle an einen auf den Apparat gesetzten Filmblock gesteckt wird. Dieser Filmblock ist in Abb. 47 zu sehen. Die beiden Films laufen nun Schicht an Schicht in Kontakt durch das Belichtungsfenster; der belichtete Positivfilm kehrt in die Kassette zurück, während der Negativfilm auf der Führung *R* (Abb. 46) den Apparat verläßt.

Wenn man den entwickelten Positivfilm projizieren will, bringt man ihn jetzt auf den Filmblock, wie vorhin den Negativfilm, und

Digitized by Google

entfernt die Kassette. Alsdann kann man den ganzen Apparat vor die Projektionslaterne setzen, an Stelle des sonst benutzten Objektives. Diese Anordnung zeigt Abb. 47.

Schließlich kann man den Universalapparat auch zur subjektiven Betrachtung verwenden. Zu diesem Zweck wird er nach Entfernung des Objektives in ein einfaches Gestell gesetzt, das eine größere Betrachtungslinse trägt. In Abb. 48 ist dieser Betrachtungsapparat dargestellt. Das Licht wird durch einen in der Abbildung nicht sichtbaren Spiegel zugeführt. —

Abb. 48. Der Universalkino als Betrachtungsapparat.

Bei der sehr starken Vergrößerung des Filmbildes, wie sie für Vorführungen in größerem Maßstabe nötig ist, reicht oft selbst sehr starkes Bogenlicht kaum aus. Andererseits erscheint die Verwendung schwächerer Lichtquellen bei normaler Vergrößerung bisweilen doch wünschenswert oder geboten. Ferner erscheinen die farbig getönten Filmbilder relativ dunkel auf der Projektionswand, da sie viel Licht verschlucken. In allen diesen Fällen hilft man sich neuerdings durch Erhöhung der Reflexionskraft der Auffangschirme. Es läßt sich dies z. B. zweckmäßig unter Zuhilfenahme der metallischen Reflexion erreichen, welche natürlich eine „diffuse" sein muß, da man mit regelmäßig reflektierenden Flächen kein objektives Bild auffangen kann. Man benutzt in diesem Falle also mattierte Metallflächen als Auffangschirme.

Die Firma Carl Zeiß in Jena stellt derartige Projektionsschirme mit metallischer Oberfläche nach einem vom Verfasser angegebenen Verfahren bis zu sehr großen Dimensionen und zusammenrollbar her. Ihr Hauptbestandteil ist Aluminium, das chemischen Einflüssen der Atmosphäre bedeutend weniger als andere Metalle unterliegt. Diese Schirme besitzen die Eigenschaft, das von der Projektionslampe kommende Licht gegenüber den gewöhnlichen Schir-

Digitized by Google

men mehr nach vorn innerhalb eines je nach dem Präparat größeren oder kleineren Winkels zusammenzudrängen. Der Winkel, innerhalb dessen die Helligkeit dem Beobachter größer als an gewöhnlichen Schirmen erscheint, heißt der nutzbare Streuungswinkel. Dem außerhalb dieses Winkels sitzenden Beobachter erscheint der Metallschirm dunkler als ein gewöhnlicher weißer Schirm, dagegen besitzt der Metallschirm innerhalb seines mehr oder weniger breiten Reflexionsmaximums eine Helligkeit, die das Vielfache der gewöhnlicher Schirme beträgt. Aus diesem Grunde ist es von Vorteil, bei Verwendung der Metallschirme die Zuschauerplätze nicht amphitheatralisch, sondern mehr langgestreckt nach rückwärts anzuordnen und den Schirm von der ersten Reihe genügend weit zu entfernen. Diese Maßnahmen sind ja auch schon aus Gründen der Perspektive erforderlich.

Die Beschaffenheit der Oberfläche der Metallschirme ist von großem Einfluß auf die Wirkung: Glatte Flächen ergeben in der Mitte des Raumes große Helligkeit, die jedoch nach den Seiten hin rasch abfällt. Mehr oder weniger rauhe Flächen dagegen besitzen innerhalb eines größeren Winkels eine nicht so große, jedoch ziemlich konstante Helligkeit. Mit Rücksicht hierauf bringt das Zeißwerk drei Arten von Schirmen mit Metallbelag in den Handel: Den glatten Schirm, der im Reflexionsmaximum etwa 14 mal heller als wie der gewöhnliche Schirm ist: Er ist für schmale Kinotheater geeignet; ferner den Shirtingschirm, der ca. 7 mal heller als wie der weiße Schirm ist und sich für Kinotheater von normaler Breite eignet, d. h. wie sie jetzt meist üblich sind; und schließlich den geriefelten Schirm, der immer noch $3^1/_2$ mal heller wie die gewöhnliche Projektionswand ist. Letztere Art eignet sich auch für breitere Räume. Dieser Schirm besitzt innerhalb eines Streuungswinkels von 45^0 praktisch konstante Helligkeit.

Den Amateuren sei der glatte Schirm für den Hausgebrauch empfohlen, falls es sich um kleinere Formate und schwache Lichtquellen handelt (Nernstlampe, Auerlicht, Petroleumlicht).

Das in Abb. 49 nach Messungen des Verfassers aufgezeichnete Diagramm gestattet einen Vergleich verschiedener Präparate von Metallschirmen in ihrem Verhältnis zum weißen Papierschirm. Als Abscissen sind die halben Streuungswinkel aufgetragen, welche von der auf der Schirmfläche errichteten Normalen aus gerechnet sind, und als Ordinaten die gemessenen relativen Flächenhelligkeiten. Um den Maßstab des Diagrammes nicht zu klein zu erhalten,

Digitized by Google

sind die Reflexionsmaxima der beiden hellsten Schirme weggelassen. Aus diesem Diagramm ist folgende Tabelle 4 (s. Seite 86 oben) abgeleitet. Sie enthält die relativen maximalen Helligkeiten H, be-

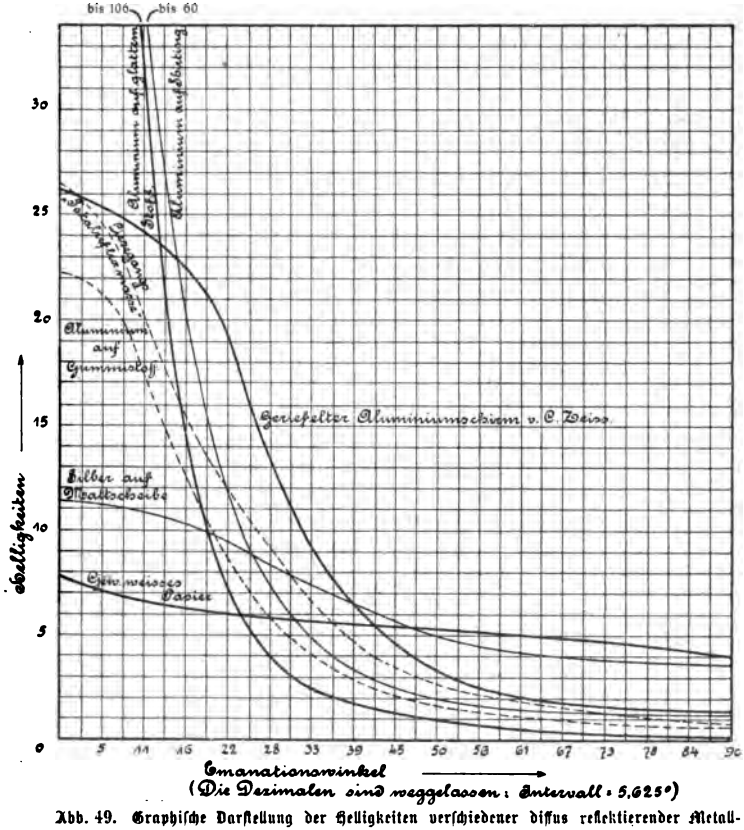


Abb. 49. Graphische Darstellung der Helligkeiten verschiedener diffus reflektierender Metallflächen im Verhältnis zu einer gewöhnlichen weißen Papierfläche für wachsende Emanationswinkel (Emanationswinkel = halbem Streuungswinkel) bei senkrechtem Einfall des Lichtes.

zogen auf den weißen Papierschirm ($H = 1{,}0$), und die nutzbaren Streuungswinkel W.

Die Zahl H gibt also an, wievielmal heller die Metallfläche ist als weißes Papier. Für die Verwendung der Metallschirme ist zu berücksichtigen, daß sie nur dann Zweck haben, wenn die Beleuchtungsstärke wirklich nicht ausreicht, also wesentlich unter-

Digitized by Google

Tabelle 4.

Präparat		H	W
1. Gewöhnliches weißes Papier		1,0	—
2. Glatter Aluminiumschirm	von Carl Zeiß-Jena	13,8	48°
3. Shirting- „		7,8	61°
4. Geriefelter „		3,4	84°
5. Liesegangs Totalreflexmasse (Aluminium in Zelluloid)		3,4	71°
6. Aluminiumpulver auf Gummistoff der Gummifabrik Harburg-Wien		2,9	56°
7. Gröberes Mattglas, Mattseite versilbert		1,6	96°

halb von 50 Hefner-Meterkerzen liegt, welche Beleuchtungsstärke nach Untersuchungen der Hygieniker als für das Auge am geeignetsten ermittelt wurde, wie wir früher sahen. Da die Metallschirme bis zu 14 mal heller sind als die gewöhnlichen Schirme, so erscheinen auf ihnen Einzelheiten in Form und Farbe, die das Auge sonst überhaupt nicht wahrnehmen könnte. Damit wird aber, was der wichtigste Effekt dieser Schirme ist, die Helligkeitsabstufung des Bildes in einem solchen Grade modifiziert, daß sie der des dargestellten Objektes sehr nahe kommt. Hierdurch gewinnt die ganze Darstellung an Plastik und Natürlichkeit ungemein und damit auch an künstlerischer Wirkung. Daß sich derartige Schirme jetzt immer mehr einbürgern, liegt natürlich auch mit an ihrer wirtschaftlichen Bedeutung, denn man wird bei ihrer Verwendung für den gewöhnlichen Zweck mit der halben Lichtstärke auskommen. Schließlich sei noch auf die Verwendung der Metallschirme bei der Projektion in unverdunkelten Räumen hingewiesen. Auch hier leisten die Metallschirme eben infolge ihrer großen Helligkeit bedeutend mehr, als die bisher üblichen Einrichtungen, welche sämtlich auf ein „Beschatten" der gewöhnlichen Schirme hinauslaufen, d. h. es werden zwischen den den Raum erhellenden Lichtquellen und dem Schirm irgendwo Blenden angebracht, die den Schirm beschatten. Bei Verwendung der Metallschirme dagegen kann man die Lichtquellen sogar unbedeckt anbringen, wenn man nur dafür Sorge trägt, daß das von diesen Lichtquellen herrührende Reflexionsmaximum, welches natürlich den Gesetzen der regelmäßigen Reflexion folgt, die Beobachter nicht treffen kann. Freilich tritt bei Projektion in unverdunkeltem Raume infolge des nichtadaptierten Zustandes des Auges eine Erhöhung der Verschmelzungsfrequenz ein, wie

Digitized by Google

wir früher auf Seite 30 sahen, d. h. das Flimmern wird stärker bemerkbar. Man wird diese Anordnung also nur bei Verwendung guter Apparate treffen können. Fast unentbehrlich aber ist der Metallschirm zur Projektion von farbigen Bildern, die im Lichtbild ja an sich schon sehr dunkel sind, wie z. B. Lumières Autochromplatte. Für die kinematographische Projektion in Farben wird das natürlich in noch viel höherem Maße zutreffen.

Die Haltbarkeit der Aluminiumschirme, z. B. der „Zeißwand", ist bei einiger Vorsicht eine für die Praxis ausreichende. Die präparierte Fläche darf natürlich nicht zu unsanft berührt werden, weil sonst leicht Flecken entstehen; aber das gilt ja für gewöhnliche Schirme ebenfalls. Vor allem haben langjährige Erfahrungen gezeigt, daß ein Verstauben oder Oxydieren der Metallfläche nicht in dem Grade eintritt, daß dadurch die Wirkung des Schirmes beeinträchtigt würde.

Fünftes Kapitel.

Die Anwendung der Kinematographie.

Ihre ganz enorme und täglich immer weiter anwachsende Verbreitung verdankt die Kinematographie nur ihrer vorzüglichen Unterhaltungsgabe. Die kinematographischen Darstellungen von Vorgängen in der Natur, wie z. B. der Brandung des Meeres, des Fließens und Fallens von Wassermassen der Ströme, des Heranbrausens eines Eisenbahnzuges oder einer Reiterschar u. dgl. mehr, können in keiner Weise durch irgend welche andere Darstellungsart an Deutlichkeit übertroffen werden. Das beschreibende Wort und das ruhende Bild stellen immer mehr oder weniger Anforderungen an die Phantasie, und die Schönheit und Harmonie der Bewegungen lassen beide Ausdrucksmittel nur ahnen.

Für die wirtschaftliche Ausgestaltung der Kinematographie ist aber hauptsächlich das literarische Gebiet von Bedeutung gewesen. Infolge der Kostbarkeit der Filmbänder hat man dramatische Pantomimen von besonderer Kürze verfaßt, in denen natürlich alles „Handlung" ist, und die gerade deshalb äußerst spannend und packend wirken. So ist das Kinematographentheater das Theater der Unbemittelten geworden, dessen Besuch wohlfeil und am wenigsten zeitraubend ist. Freilich ist hier lange Zeit auf das Sensationsgelüste der großen Massen spekuliert worden, und das Niveau sank

Digitized by Google

rapid. Die Folge davon war ein ungünstiger Einfluß auf die Moral der Minderjährigen, und leider haben sich viele Verbrechen in letzter Linie auf das im kinematographischen Sensationsdrama gegebene böse Beispiel zurückführen lassen.

Hieraus erkennt man am besten, welche ungeheure Macht das nur minutenlange Kinodrama als Ausdrucksmittel für Leidenschaften und Gefühlsäußerungen, als Darstellungsmittel für Tugend und Laster besitzt. Zum Glück hat in neuerer Zeit das bessere Element wieder die Oberhand gewonnen und das Niveau der Kinotheater-Programme hebt sich mehr und mehr. Hier hat einmal die polizeiliche „Zensur" unverkennbar segensreich gewirkt, und es ist zu hoffen, daß die Kinematographie noch ein Volksbildungsmittel ersten Ranges wird.

Neben diesen „Dramatischen Films" nehmen aber auch die humoristischen, komischen und possenhaften Films in dem Programm der Kinotheater einen breiten Raum ein. Auch hierin wird von den Gesellschaften, welche derartige Films herstellen, oft Erstaunliches geleistet, wovon man sich leicht in einem besseren Kinotheater überzeugen kann.

Alle die komischen Begebenheiten aber, welche auf derartigen Films dargestellt sind, haben in der Regel einen gemeinsamen roten Faden: sie laufen schließlich sämtlich in ein großes „Rennen" aus, meistens in der Weise, daß zunächst eine Person oder ein Tier oder auch ein Gegenstand, wie z. B. ein ganzer Schweizerkäse, sich in Bewegung setzt, denen sich nach und nach immer mehr Personen zugesellen und hinterher rennen, so daß oft ein langer Zug von abenteuerlich gekleideten Personen in rasender Eile dahinstürzt, teilweise über die merkwürdigsten und unverhofftesten Hindernisse stürzend, wie z. B. über Hökerfrauen mit Eierkörben, deren Inhalt sich über die Stürzenden ergießt, oder Händler mit Gipsfiguren überrennend u. dgl. mehr.

Dabei wird die scheinbare Geschwindigkeit der Personen und Gegenstände oft noch künstlich vergrößert; es geschieht das auf die Weise, daß die Aufnahme nur mit der halben Bildwechselfrequenz gemacht wird, der Aufnahmeapparat wird also nur halb so schnell oder noch langsamer gedreht, als wie dann bei der Vorführung der Projektionsapparat. Dadurch wird der komische Effekt, welcher so schon in der Hast an sich liegt, noch mehr vergrößert.

Schließlich gehören zu den rein unterhaltenden Films noch die sogenannten Zauber- oder Trickfilms, die irgend welche zauber-

Digitized by Google

haften Vorgänge, z. B. Wirkungen übernatürlicher Kräfte, Verwandlungen usw. zur Darstellung bringen. Da der Beobachter weiß, daß mittels der Photographie Dargestelltes immer nur auf die natürlichste Weise vor sich gegangen sein kann, so ist es wohl von Interesse, wenn wir hier auf die Technik der oft so verblüffenden Trickfilms etwas näher eingehen. Ein beliebter Trick ist die Verwandlung von Personen, die sich bei Kinoaufnahmen leicht ausführen läßt. Hierbei wird einfach in folgender Weise verfahren: in dem Moment, wo die Verwandlung einer Person vor sich gehen soll, wird die Aufnahme unterbrochen und das Objektiv geschlossen. Nun wird in aller Ruhe die zu verwandelnde Person mit einer geeigneten anderen vertauscht, oder aber die Person vertauscht nur Gewand und Maske; darauf wird das Objektiv wieder geöffnet und der Apparat weiter gedreht.

Nach diesem Prinzip der Aufnahmeunterbrechung lassen sich nun eine große Anzahl weiterer „Zaubereien" vortäuschen. Wir wollen ein Beispiel betrachten, das in den nebenstehenden Abb. 50 — 54 dargestellt ist: ein Betrunkener liegt auf der Straße; ein Automobil saust heran und fährt ihm beide Beine ab (Abb. 50). Der Mann schreit nach und schwenkt die Beine in der Luft (Abb. 51). Das Auto hält, der Insasse läuft heran, flickt ihm die Beine wieder an (Abb. 52) und beide ziehen

Abb. 50. Die Überfahrung.

Abb. 51. Der Überfahrene.

Abb. 52. Die Heilung.

Abb. 53. Der Abschied.

Digitized by Google

Abb. 54. Des Rätsels Lösung.

zufrieden von dannen (Abb. 53). Lösung des Rätsels: hier wurde die Aufnahme zuerst in dem Moment unterbrochen, wo das Auto herangekommen war. Das Auto hält nun an, und der Betrunkene wird durch einen Krüppel ersetzt, dem beide Beine wirklich fehlen, und ein Paar künstliche Beine werden vor ihm hingelegt. Abb. 54 stellt die Auswechslung der beiden Personen dar, die natürlich nicht mit auf den Film kommt. Hierauf tritt der Kino wieder in Tätigkeit, das Auto fährt nochmals heran und saust über die künstlichen Beine hinweg. Nachher wird die Aufnahme nochmals unterbrochen und der Krüppel wieder durch den Betrunkenen ersetzt. Bei der Vorführung des Films aber ist von den Unterbrechungen keine Spur zu merken. Der Film reiht nämlich hierbei Bild an Bild, und der Beobachter merkt die Unterbrechung gar nicht, natürlich auch nicht die fehlenden Phasen, welche die Verwandlung auf die natürlichste Weise vor sich gehen lassen. Auf diese Weise also kann man leicht die z. B. in vielen Märchen vorkommenden Zaubereien in reizendster Weise in Erscheinung treten lassen: lebloſe Gegenstände führen einen Tanz auf, dabei aber haben diese Gegenstände menschliche Gesichter und schneiden die komischsten Grimassen; Streichhölzer spazieren aus der sich selbst öffnenden Dose und bauen sich zu Figuren auf. Ferner sieht man Werkzeuge von selbst, ohne Zuhilfenahme eines Menschen, Arbeit leisten; so sah der Verfasser vor einiger Zeit einen Trickfilm vorführen, auf dem in einer Tischlerwerkstatt die Werkzeuge, wie Hobel, Säge, Hammer usw. ganz allein ein Möbelstück fertig stellten. Wer das zum erstenmal sieht, ist ganz verblüfft. Aber die Erklärung ist ja oben schon gegeben: es bleiben die Hilfsvorgänge dem Zuschauer verborgen, da sie nicht mit photographiert werden. Freilich ist eine solche Aufnahme, wie sie dem Beispiele der Tischlerwerkstatt entspricht, ziemlich mühsam wegen der vielen Unterbrechungen. Bisweilen sieht man ferner Films, auf denen ein Mann an den Wänden hinaufkriecht, oder auch an der Decke hinläuft. Die Lösung des Problems ist sehr einfach: bei der Aufnahme werden auf den Boden des Ateliers Dekorationen gelegt, welche die Seitenwände oder die Decke eines Zimmers darstellen; der Mann kriecht oder läuft darüber, und wird

Digitized by Google

von oben her photographiert. Nach demselben Prinzip, dem „Photographieren von oben her", wird auch verfahren, wenn das Fliegen eines Menschen dargestellt wird. Die betreffende Person legt sich dabei auf den Rücken und macht mit Armen und Beinen Flugbewegungen. So sah der Verfasser z. B. einen Film, der die merkwürdige, an die Jules Verneschen Romane erinnernde Geschichte eines Chemieprofessors darstellt: der Professor erfand in seinem Laboratorium einen Stoff, der die Schwere der Körper aufhebt, mit denen er in Berührung kommt, d. h. alle diese Körper schweben in die Höhe. Der Professor überschüttet sich selbst mit dem Stoff, und beginnt nun sofort in die Höhe zu schweben; man sieht ihn über der Stadt schweben, dann in den Wolken (wobei die schwebende auf- und abtanzende Bewegung durch die wirkliche Bewegung des Aufnahmeapparates erzielt wurde). Die fortschreitende Bewegung aber wurde scheinbar hervorgebracht durch die Bewegung von Rauchwolken, die über den Boden geblasen wurden, oder die vorher schon auf den Film aufgenommen waren, und welche die Wolken am Himmel vorstellen sollten. Schließlich kam dann der Herr Professor auf dem Mars an und hatte unter den riesenhaften Marsbewohnern die fürchterlichsten Erlebnisse: durch ihren feurigen Atem wurde er einfach hinweggeblasen; oder als er einen Berg besteigen wollte, wurde dieser plötzlich lebendig und entpuppte sich als ein ungeheurer Riese usw. Diese zuletzt erwähnten Täuschungen nun beruhen auf einem weiteren Prinzip: nämlich auf der „Kombination durch Übereinanderdruck". Die erwähnten Riesen sind nämlich weiter nichts, als phantastisch gekleidete gewöhnliche Menschen, aus großer Nähe aufgenommen, so nahe, daß z. B. nur die Köpfe riesengroß auf der Leinwand erscheinen. Der feurige Atem dieser Riesen ist natürlich weiter nichts als Zigarrenrauch. Der Herr Professor wird dagegen aus großer Entfernung ganz winzig klein aufgenommen, und die beiden Negativfilms werden dann in geeigneter Weise auf einem Positivfilm übereinander kopiert. Nach diesem Prinzip lassen sich die reizvollsten Effekte erzielen: dem Träumer erscheinen winzig kleine Feen, die Blumen entsteigen und einen Reigen aufführen; oder es taucht eine Miniaturtänzerin in einem gefüllten Wasserglase auf, um sich darin zu bewegen und dann wieder allmählich wie im Nebel zu verschwinden.

Man kann wohl sagen, daß kein Märchen so seltsam und keine Phantasie so kühn ist, daß sie nicht die Kinematographie im lebenden Bilde verwirklichen könnte. Es liegt wohl auf der Hand, daß auch

Digitized by Google

die Bühne sich schon gelegentlich dieses einfachen Hilfsmittels bedient hat.

Unter Umständen recht komische Wirkungen erzielt man durch Rückwärtsdrehen des Filmbandes bei der Wiedergabe. Hierdurch kehren sich natürlich alle Bewegungsvorgänge um: Pferde rennen rückwärts, Steine rollen bergauf, der Schwimmer saust mit den Beinen voran aus dem Wasser und landet auf dem Sprungbrett, dann fliegen ihm die Kleider an den Leib. Der Raucher saugt den Rauch aus der Luft ein, und seine Zigarre brennt immer länger usw.

Zur Herstellung der Trickfilms verwendet man mit Vorteil Aufnahmeapparate mit einer Spezialvorrichtung, die ein Rückwärtslaufen des Films gestatten, wie z. B. der neue Aufnahmekino der Firma Ernemann in Dresden (Modell *B*), welchen Apparat wir schon früher auf Seite 73 erwähnten. Mit Hilfe der erwähnten Vorrichtung kann man entweder Aufnahmen während des Rückwärtsganges machen oder man kann auch ein bereits belichtetes Filmstück zurückwickeln, um das letzte Stück doppelt zu belichten. Auf diese Weise lassen sich verschiedene der obenerwähnten Tricks leicht ausführen.

Für die Trickfilms gilt ganz besonders jener geistreiche Ausspruchs E. Machs: „Die Kinematographie gibt uns die Möglichkeit, Maßstab und Vorzeichen der Zeit beliebig zu ändern."

Daß aber die Kinematographie noch ein hervorragendes Volksbildungsmittel wird, dazu wird sicherlich die sich immer mehr geltend machende Bestrebung beitragen, den Programmen neben den unterhaltenden Films auch „lehrhafte Films" einzufügen.

So kann man jetzt häufig z. B. Vorführungen aus dem Gebiet der Länderkunde sehen, meist in der Weise, daß die Aufnahmen der fernen Gegenden vom fahrenden Schiff oder Eisenbahnzuge aus gemacht wurden, so daß die Naturschönheiten nun auf dem Projektionsschirm gleichsam wie durch ein großes Fenster gesehen an uns vorbeiziehen. Auch die Völkerkunde wird vielfach herangezogen; Darstellungen von Nationaltänzen, Trachtenfesten u. dgl. sind nicht selten. Ebenso kann man oft die Gewerbetätigkeit der verschiedensten Völker einschließlich unserer modernsten Technik studieren. Ferner werden auch Aufnahmen aus der Naturkunde mit eingeflochten. Man kann da in Muße das Leben und Treiben im Ameisen- und Bienenstaate beobachten, die wilden Vögel in ihren Nestern und anderes mehr. Oft sieht man hierin außerordentlich gut gelungene

Digitized by Google

und sehr demonstrative Aufnahmen, deren Herstellung übrigens meist mit großen Mühen und hohen Kosten verknüpft ist. Aber derartige Films aus den Gebieten der Länder- und Völkerkunde und der Naturkunde findet man nicht nur in den Kinematographentheatern, auch die Forschungsreisenden zeigen sie uns häufig, wenn sie uns zu Hause über ihre Wanderungen berichten.

Als Lehrmittel in Hochschulen wird die kinematographische Darstellung noch wenig gebraucht, doch hat es den Anschein, als ob auch hier die Kinematographie in weiterer Verbreitung begriffen ist. Hauptsächlich ist es die medizinische Fakultät, welche sich der Kinematographie bereits in größerem Maßstabe als Demonstrationsmittel bedient hat. So werden z. B. in den Vorlesungen über Chirurgie mit Erfolg Operationen auf diese Weise demonstriert, in der Physiologie Muskelbewegungen und Reizreaktionen, in der Psychiatrie die verschiedensten pathologischen Bewegungen der Kranken, die Phänomene der Hypnose usw.

Neuerdings wird die Kinematographie im Anschauungsunterricht in Volks- und Mittelschulen verwendet So sind z. B. in Berlin schon für viele Tausende von Schülern besondere Schülervorstellungen aus den Gebieten der Geologie, Geographie, Völkerkunde, Technik und Industrie veranstaltet worden. In manchen Schulen sind sogar besondere Lichtbildzimmer für Lehrzwecke eingerichtet worden.

Eine besondere und sehr verbreitete Anwendung der Kinematographie bildet ihre Verbindung mit dem Phonographen. Für das Produkt dieser beiden Apparate hat die Kinoindustrie das schöne Wort „Tonbild" erfunden. Zur Darstellung kommt hierbei meistens eine Person oder eine Gruppe von Personen, die ein Couplet oder sonst ein Gesangstück vortragen. Damit beide Apparate, die Sprechmaschine und der Projektionsapparat, synchron laufen, sind besondere Hilfsapparate nötig. Durch zwangläufige Koppelung läßt sich das aus technischen Gründen nicht erreichen, sondern es werden in der Regel durch das in der Nähe der Projektionswand stehende Phonographenwerk auf elektrischem Wege dem Maschinisten des Projektors optische oder akustische Signale übermittelt, die ihm das erforderliche Tempo für den Kinoapparat anzeigen. Diese Kombination von Kinematographie und Phonographen hat man aber auch schon für andere Zwecke als wie nur zur Unterhaltung herangezogen, nämlich zum Studium der Sprache bzw. der Physiologie der Sprache und des Gesanges; ferner in der Völkerkunde zum Studium der

Digitized by Google

Sprachen und Gesänge fremder Völker. Eine gewöhnliche Photographie und ebenso ein Phonogramm sind bekanntlich unumstößliche Naturdokumente ersten Ranges; in noch viel höherem Grade gilt dasselbe von der „lebenden Photographie", die in Verbindung mit dem Phonogramm steht. Man hat bereits begonnen, historische Archive für Phonogramme einzurichten, die von berühmten Persönlichkeiten aufgenommen wurden, und in gleicher Weise sind auch schon Filmsammlungen für Staatsarchive angelegt worden, z. B. in Paris, London und Kopenhagen; auch für Hamburg ist die Einrichtung einer staatlichen Filmsammlung geplant worden. Denn sie ist in hervorragende Weise geeignet, als unverfälschte historische Urkunde zu dienen. Für den Amateur hat die kinematographische Aufnahme insofern hohen Wert, als er damit seinem Familienarchiv bleibende Erinnerungen an liebe Bekannte und Familienangehörige einfügen kann, Erinnerungen, die das ruhende Bild an Lebenswahrheit und Charakteristik weit übertreffen.

Eine weitere Kombination ist die Verbindung des Kinoapparates mit dem Panoramaapparat. Dieser Apparat ist eine optische Vorrichtung, mit deren Hilfe man photographische Aufnahmen herstellen und projizieren kann, deren objektseitiger Bildwinkel in horizontaler Richtung 360^0 beträgt. Das photographische Bild ist kreisförmig: Es wird erzeugt z. B. durch einen kegelförmigen Reflektor, der auf das vertikal nach oben gerichtete Objektiv gesetzt wird, und der alle seitlich auffallenden Strahlen nach unten in das Objektiv wirft. Das auf diese Weise erzielte Bild ist ein verzerrtes, ein sogenanntes „anamorphotisches" Bild, das für sich allein unbrauchbar ist. Erst wenn es mit derselben Vorrichtung, durch die es erzeugt wurde, projiziert wird, erscheinen die dargestellten Gegenstände wieder in den richtigen Verhältnissen. Der Projektionsschirm wird in diesem Falle von der inneren Wand eines großen Hohlzylinders gebildet, in dessen Mitte sich die Beobachter befinden, und unmittelbar über diesen das Projektionsobjektiv.

Ein derartiger Panoramaapparat läßt sich leicht in Verbindung mit einem Kinoapparat bringen, und man erhält hierdurch lebende Panoramabilder, die sehr geeignet sind zur Darstellung von Begebenheiten, die sich rings um den Beobachter herum auf einer größeren Fläche abspielen, z. B. von Manövern der Landtruppen, von Flottenmanövern, von sportlichen Vorführungen, aber auch Fahrten mit der Eisenbahn oder besser zu Schiff lassen sich sehr gut wiedergeben; hierbei wird die Illusion noch durch den Umstand

Digitized by Google

erhöht, daß das Panoramalichtbild sich auf der Zylinderfläche dreht und weiterbewegt, was bei dem Beobachter aber den zwingenden Eindruck erweckt, als befinde er sich auf dem Verdeck des fahrenden Schiffes inmitten der ruhenden Gegend. Diese Anwendung der Kinematographie ist aus naheliegenden Gründen noch kein Allgemeingut geworden und befindet sich noch im Versuchungsstadium.

Von besonderem Interesse sind die Anwendungen der Kinematographie als Hilfsmittel bei der wissenschaftlichen Forschung. Hier kann man unterscheiden zwischen Versuchsanordnungen mit dem gewöhnlichen, im Handel befindlichen Kinoapparat, und Anwendungen mit für spezielle Zwecke konstruiertem Apparat, je nachdem also Bewegungen analysiert werden sollen, für welche die übliche mittels der ruckweisen Filmbewegung erreichbare Bildwechselfrequenz noch ausreicht, oder welche Spezialapparate mit höherer Wechselfrequenz erfordern.

Wie schon im ersten Kapitel Seite 6 angedeutet wurde, kann die Kinematographie auch zur Aufzeichnung sehr langsamer Bewegungen dienen, die so langsam sind, daß wir sie mit dem Auge nicht mehr wahrnehmen können. Derartige Bewegungen finden wir z. B. im Wachstum der Pflanzen und bei einigen Reizreaktionen ihrer Organe. Manche Reizreaktionen an Pflanzenorganen gehen jedoch sehr schnell vor sich, wie z. B. das Aufspringen mancher schotenartiger Früchte bei der Berührung derselben mit irgend einem Gegenstand. Derartige Bewegungen lassen sich mit dem gewöhnlichen Kinoapparat genau verfolgen; aus dem Vergleich und den Ausmessungen der erhaltenen Bilder läßt sich z. B. feststellen, welcher Art die Bewegung ist, ob sie mit gleichförmiger oder beschleunigter Geschwindigkeit erfolgt, ob sie stetig ist oder periodisch, ferner in welcher Weise Licht verschiedener Wellenlänge einwirkt usw. Die Aufzeichnung des Wachstums erfordert naturgemäß lange Zeit zur Aufnahme, am besten wird man zu diesem Zweck den Mechanismus des Aufnahmeapparates mit einem Uhrwerk verbinden, das in gewissen Zeiträumen die Aufnahme der einzelnen Teilbilder automatisch bewerkstelligt. Derartige kinematographische Aufnahmen vom Wachstum einiger Pflanzen sind von Pflanzenphysiologen bereits mehrfach hergestellt worden, zuerst von dem Leipziger Botaniker Prof. Pfeffer. Meistens handelte es sich hierbei um das Aufblühen von Blumen, wie z. B. der victoria regia. Nachstehende Abb. 55 veranschaulicht das Aufblühen der Blume einer Windenart in 16 Phasen, die

Digitized by Google

innerhalb einer Stunde liegen. Diese Untersuchung wurde in dem von Marey begründeten Photophysiologischen Institut zu Paris ausgeführt.

Abb. 55. Das Aufblühen einer Winde innerhalb einer Stunde.

Werden Aufnahmen sehr langsamer Bewegungen im gewöhnlichen Kinoprojektor in normalem Tempo vorgeführt, so ziehen die einzelnen Phasen so rasch am Auge vorbei, daß die abgebildete Bewegung nunmehr sichtbar wird, wir sehen z. B. das Gras wachsen usw. Aufnahmen sehr rascher Bewegungen, die wir in natura ebenfalls nicht mehr wahrnehmen können, lassen sich auf ebendieselbe Weise deutlich machen, nur daß hier die Vorführung langsamer als die Aufnahme erfolgt.

Das unmerklich langsame Fortschreiten von Entwicklungsvorgängen spielt in der Biologie eine große Rolle, wie z. B. die Bildung von Bazillenkulturen. Die direkte Beobachtung derartiger Vorgänge würde oft tagelange ununterbrochene Aufmerksamkeit erfordern, was physisch unmöglich ist. Hier hilft die Kinematographie in sehr bequemer Weise, indem mittels der durch sie erhaltenen Aufnahmen jede einzelne Phase der Bildung nachträglich und wiederholt genau studiert werden kann. Bei den Problemen der Biologie handelt es sich in den meisten Fällen um mikroskopische Beobachtungen, man muß also in diesen Fällen den Kinoapparat mit dem Mikroskop kombinieren. Es geschieht das in einfachster Weise so, daß die Kino-

Digitized by Google

kamera mit dem auf „unendlich" eingestellten Objektiv vor das Okular des Mikroskopes gebracht wird, im übrigen ist die Anordnung genau so, als wie bei der subjektiven Beobachtung, nur übernimmt hier die Aufnahmekamera die Funktion des Auges. Es gibt natürlich kompliziertere, für spezielle Zwecke geeignete Anordnungen. Das Bild Nr. 56 stellt die Entwickelung einer Kolonie von Botryllen (im Meere lebender niederer Tiere) dar, und zwar Aufnahmen 1—4 das Anfangsstadium, 5—12 einige mittlere Abschnitte, und 13—16 das Endstadium. Die Aufnahme wurde

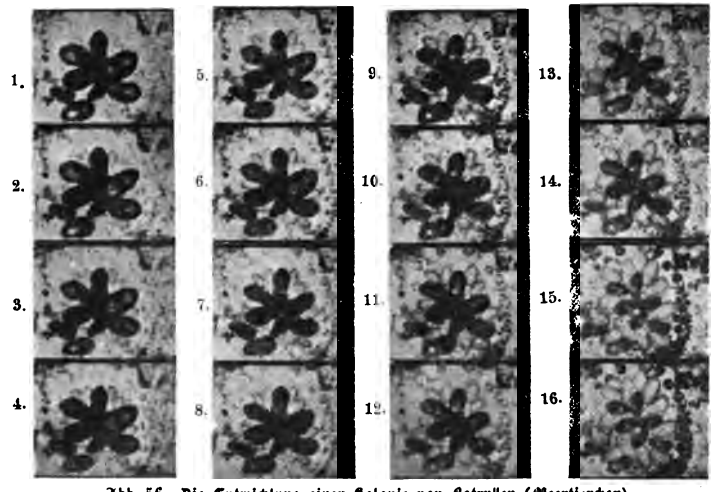


Abb. 56. Die Entwicklung einer Kolonie von Botryllen (Meertierchen).

von Bull und Pizon im Photophysiologischen Institut zu Paris ausgeführt. Man erkennt deutlich die Vermehrung der Tiere und kann das Anwachsen der ganzen Kolonie verfolgen.

In allerneuester Zeit ist auch die letzte Errungenschaft der mikroskopischen Forschung, das Ultramikroskop, mit dem Kino kombiniert worden. Dieses Instrument ist von H. Siedentopf, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Firma Zeiß in Jena, erfunden worden und dient in erster Linie dazu, kleine in irgend einem festen oder flüssigen Lösungsmittel enthaltene Teilchen, die im gewöhnlichen Mikroskop nicht mehr gesehen werden können, sichtbar zu machen. (Es ist also zunächst ein physikalisch-chemisches Instrument.) Es wird das dadurch erreicht, daß das Licht die zu beobachtenden

Digitized by Google

Teilchen von der Seite her mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen trifft, während das bei dem gewöhnlichen Mikroskop von der Rückseite her geschieht. Die letztere Methode bezeichnet man als „Hellfeldbeleuchtung", im Gegensatz dazu die erstere als „Dunkelfeldbeleuchtung". Hier erscheinen die Objekte hell auf dunklem Grund, und das ist die Ursache, weshalb nach dieser Methode wesentlich kleinere Teilchen sichtbar werden. Man hat nun das Ultramikroskop auch für die übrigen Aufgaben der Mikroskopie dienstbar gemacht, insbesondere ist es mit seiner Hilfe gelungen, Bakterien zu entdecken, die den Forschern im gewöhnlichen Mikroskop bisher entgangen waren, wie z. B. der Erreger der Syphilis. Die beim Ultramikroskop in Anwendung gebrachte Dunkelfeldbeleuchtung läuft also in der Hauptsache auf eine außerordentlich gesteigerte Helligkeit des durch das Mikroskop vom Objekt erzeugten Bildes hinaus, ohne daß hierbei wie bei der gewöhnlichen Hellfeldbeleuchtung die Helligkeit des übrigen Gesichtsfeldes mit wächst; dieses bleibt im Gegenteil nahezu dunkel. Und durch die Erzielung so großer relativer Lichtstärke des Bildes ist es erst möglich geworden, auch kinematographische Aufnahmen von den kleinsten Lebewesen herzustellen, die uns ein getreues Abbild ihrer ganzen Lebenstätigkeit und ihrer oft unglaublich raschen Bewegung geben. Die ersten derartigen Aufnahmen hat Jean Comandon in Paris hergestellt. Sein Apparat gibt 32 Bilder in der Sekunde, also nur wenig mehr wie die allgemein gebräuchlichen Kinoapparate. Comandon photographierte Körper von $^1/_2$ Mikron (0,0005 mm) Größe, deren Durchmesser auf dem Projektionsschirm ungefähr 20000 mal vergrößert erscheint. Alle Bewegungen dieser kleinsten Wesen lassen sich dabei aufs genaueste verfolgen. So untersuchte Comandon die Trypanosomen der Schlafkrankheit, die auf dem Projektionsschirm wie starke Aale aussehen, und die sich in rascher Bewegung um die Blutkörperchen schmiegen; als Objekt für die Untersuchung diente nämlich ein Tropfen Blut eines an der Schlafkrankheit Leidenden. — Ferner zeigen andere Aufnahmen Comandons Spirochäten, die wurmartig um die Blutkörperchen eines erkrankten Huhnes glitten. Andere Aufnahmen zeigten im Menschenblut die Brownschen Bewegungen der Nahrungsfettröpfchen. Derartige Bewegungen führen nach der „Kinetischen Theorie" die kleinsten leblosen Teilchen aus. Auf einem anderen Film ist ferner der interessante Kampf auf Leben und Tod zu sehen, den die weißen Blutkörperchen mit den Bakterien führen, und der meistens damit endet, daß die

Digitized by Google

weißen Blutkörperchen die Bakterien auffressen, indem sie diese an sich heranziehen und in ihrem flüssigen Inhalt auflösen. Ferner untersuchte der junge Forscher die Einwirkung des reinen Wassers auf Blut: Hier und da bemerkt man, wie ein weißes Blutkörperchen platzt und seinen Inhalt verstreut. Schließlich ist es Comandon auch gelungen, den Erreger der Syphilis, der also, wie schon oben gesagt, mit dem gewöhnlichen Mikroskop kaum gesehen werden kann, sogar im kinematographischen Lichtbilde in allen seinen Bewegungen festzuhalten. Wir sehen da ein schmächtiges, korkzieherartiges Gebilde, das in der Mitte einen charakteristischen Knick aufweist, sich im Gesichtsfelde herumbewegen, andere wieder sind scheinbar in eifriger bohrender Arbeit an Gewebestücken begriffen. Kurz, die Aufnahmen Comandons (die natürlich nun auch von anderen Forschern wiederholt und versucht werden) sind in höchstem Grade interessant und sehr geeignet, dem Laien und Lernenden eine gute Vorstellung von dem Mikrokosmos zu geben. Aber Worte allein genügen nicht, diese verblüffende und staunenerregende Wirkung derartiger Vorführungen zu schildern, man muß das gesehen haben. Darum ist es freudig zu begrüßen, daß eine der größten Filmgesellschaften, die Firma Pathé in Paris, derartige Films der großen Masse zugänglich machen will.

Ein ganz hervorragendes Anwendungsgebiet der Kinematographie ist naturgemäß die Physiologie der Bewegungen. Auf diesem Gebiete sind in der Tat mit Hilfe der Kinematographie schon viele wertvolle Resultate erzielt worden. Bahnbrechend hat hier Prof. Marey gewirkt, der eigentliche Begründer der modernen Kinematographie. In dem von ihm begründeten schon mehrfach genannten Photophysiologischen Institut zu Paris werden auch heute noch die Apparate für kinematographische Untersuchungen immer weiter verbessert und vervollkommnet, und wir werden später noch die neuesten mit diesen Apparaten erzielten epochemachenden Resultate kennen lernen.

Mit weniger vollkommenen Apparaten haben der Amerikaner Muybridge, ferner die Deutschen Anschütz und E. Kohlrausch ebenfalls vortreffliche Resultate erzielt; sie betonten hauptsächlich die künstlerische Seite der Bewegungen von Mensch und Tier, und in dieser Hinsicht sind namentlich die Aufnahmen von Anschütz auch heute noch unübertroffen. Als klassisch gelten z. B. Anschütz' Aufnahmen des „Steinwerfers" und des „Speerwerfers".

Auch zur Analysierung pathologischer Bewegungserscheinun-

Digitized by Google

gen ist die Kinematographie herangezogen worden. Die Bildserie Abb. 57 stellt den Gang eines Nervenkranken dar. Die mitphotographierte Sekundenuhr ermöglicht eine genaue Untersuchung der Bewegung. Die Aufnahme rührt von E. Kohlrausch her. Der hierzu benutzte Apparat war von der Art des auf Seite 64, Abb. 31, beschriebenen, er besaß eine rotierende photographische Platte und 4 Objektive, die am Rande einer rotierenden Scheibe befestigt waren. Der Apparat gestattete jedoch nur 25 Aufnahmen zu machen, und zwar innerhalb 1—2 Sekunden. Heutzutage kommt man mit dem einfachen Kino weiter; aber die oben reproduzierten Aufnahmen sollen zeigen, wie weit man früher schon in bezug auf die photographische Auffassung und Technik gekommen war.

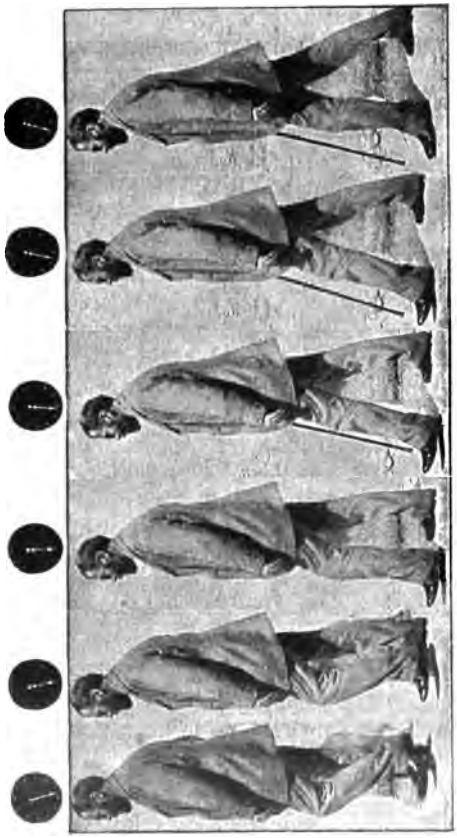


Abb. 57. Der Gang eines Nervenkranken.

Der Leipziger Professor Fischer hat an kinematographischen Aufnahmen eine genaue mathematische Analysierung des menschlichen Ganges vorgenommen. Zu diesem Zwecke wurde der aufzunehmenden Person dunkle, photographisch möglichst unwirksame Kleidung angezogen, während an bestimmten Stellen der Extremitäten und des Körpers leuchtende Punkte und Linien angebracht wurden, die sich dann auf der photographischen Platte scharf markierten und eine genaue Ausmessung der Aufnahmen ermöglichten. Im Prinzip wurde

Digitized by Google

dieses Verfahren übrigens schon von Marey verwendet. Von Bedeutung für die Physiologie der Sprache sind ferner die Aufnahmen Demenys, eines Mitarbeiters Mareys, von der Mundstellung sprechender Personen.

In neuerer Zeit sind auch die Bewegungen innerer Organe am lebenden Körper mittels der Röntgenphotographie kinematographisch analysiert worden. Vor allem sind es die Bewegungen des Magens, welche den Physiologen interessieren. Erst mit Hilfe der „Radiochronophotographie" (so nennen die Franzosen diese Untersuchungsmethode), ist dieser merkwürdige Bewegungsvorgang aufgeklärt worden. Abb. 58 zeigt ein Bruchstück der Serienaufnahme vom Magen und Darm eines Hühnchens. Diese Aufnahme entstammt einer Abhandlung von J. Carvallo vom Institut Marey. Es wurde hierbei genau so verfahren, wie bei der gewöhnlichen Röntgenphotographie: die Röntgenröhre sendet die X-Strahlen aus, welche das Objekt teilweise durchdringen und von ihm auf den photographischen Film, der hier durch ein Kinematographenwerk ruckweise weiter bewegt wird, ein scharfes Schattenbild entwerfen. Es sind hierbei bis zu 20 Aufnahmen pro Sekunde möglich. Obige Serie enthält nur 5 Aufnahmen pro Sekunde. Damit sich die zu analysierenden Organe schärfer von ihrer Umgebung abheben, wird dem Futter, das die Tiere kurz vor der Untersuchung einnehmen müssen, etwas Wismuthnitrat beigemischt, welches selbst in schwächerer Konzentration für die X-Strahlen sehr wenig durchlässig ist. Es muß noch hinzugefügt werden, daß die oben reproduzierten Phasen nicht unmittelbar zusammengehören; zwischen je zweien hat man sich noch je 5 Übergangsphasen zu denken. Auf ähnliche Weise hat man auch mit Erfolg versucht, den Vorgang bei der Atmung und die Herzbewegung zu analysieren.

Abb. 58. Kinematographische Röntgenaufnahme vom Magen eines Hühnchens. Nach J. Carvallo.

Auch in der Physik ist der Kinoapparat schon zur bequemen Registrierung komplizierter Bewegungen verwendet worden, wie sie schwingende Stäbe erzeugen. Dasselbe wird auch bei schwingenden

Digitized by Google

Saiten und Platten möglich sein. Der Zweck dieser Methode ist die experimentelle Nachprüfung und eventuelle Korrektion der auf theoretischem Wege mittels der mathematischen Bewegungsgleichungen erzielten Resultate. Auch in der wissenschaftlichen Technik wendet man die Kinematographie jetzt bisweilen an, z. B. bei Festigkeitsprüfungen von Materialien. Hierbei werden die durch Druck oder Zug entstehenden Veränderungen, die in Wirklichkeit sehr rasch vor sich gehen können, genau registriert und so der Messung zugänglich gemacht. Ferner können auf diese Weise die elastischen Eigenschaften festgestellt werden. In gewissen Fällen kann der Kinoapparat mit Vorteil den Indikator ersetzen. Es ist das ein mechanisches Instrument, welches die Leistungen von Maschinen feststellt und das im allgemeinen auf den Gesetzen des Hebels beruht. So ist z. B. beim Dampfhammer der Indikator schwierig anzubringen; hier hat man einfach den in Tätigkeit befindlichen Hammer kinematographisch aufgenommen, und zwar zugleich mit einer neben dem Hammer stehenden Sekundenuhr. Aus der auf den Bildern ersichtlichen Stellung von Hammer und Uhrzeiger läßt sich alles Erforderliche zur Bestimmung der Leistung usw. des Hammers in einfachster Weise ableiten.

Zur Analysierung sehr rascher Bewegungen lassen sich, wie erwähnt, die gewöhnlichen Apparate mit einem Bildwechsel von 20—30 pro Sekunde nicht verwenden. Schon Marey hatte einen Apparat nach dem Prinzip der Reibungsscheiben (siehe Seite 62) konstruiert, der eine Bildfrequenz von 110 pro Sekunde gestattete. Das ist wohl das höchste, was man mit ruckweiser Filmbewegung erreichen kann. Für die allgemeine Verwendung eignet sich jedoch der Mareysche Apparat aus verschiedenen Gründen nicht, er ist ein wissenschaftliches Hilfsmittel, wie auch die anderen jetzt noch zu beschreibenden Apparate. Dieser von Marey konstruierte Apparat wurde mit Vorteil zur Analysierung des Vogelfluges verwendet. In Abb. 59 ist eine Serie von Aufnahmen einer fliegenden Taube reproduziert. Wie die mitphotographierte Sekundenuhr angibt, sind 12 Aufnahmen innerhalb von $^2/_{20} = {}^1/_{10}$ Sekunde geschehen, was also der obigen Angabe der Bildfrequenz ungefähr entspricht. Man sieht hier deutlich an einzelnen Phasenbildern die merkwürdige, dem Auge ungewohnte Stellung der Flügel, z. B. an den Teilbildern 11 und 12. Jeder hat wohl schon den Flug einer Taube beobachtet; was sich aber hierbei dem Auge als charakteristische Stellung der Flügel einprägt und auch von den meisten Künstlern als solche

Digitized by Google

wiedergegeben wird, ist die Anfangs- und Endstellung der Flügel, etwa dem Bild 1 und 9 entsprechend. Das rührt daher, daß die Bewegung dort ihre Umkehrpunkte besitzt, die sich dem Auge leichter einprägen. Der oben beschriebene Mareysche Apparat ist natürlich auch zur Aufnahme anderer rascher Bewegungsvorgänge verwendet worden, z. B. in Verbindung mit dem Mikroskop zur Analysierung der Bewegungen sogenannter Flimmerhärchen u. dgl.

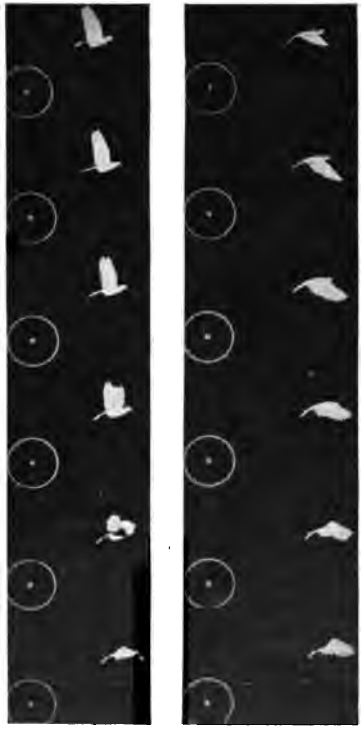


Abb. 59. Der Taubenflug. Nach Marey.

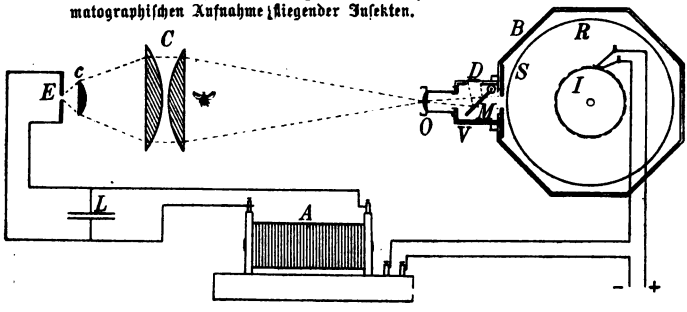
Eine noch größere Frequenz besitzen, wie wir im dritten Kapitel Seite 63 ff. sahen, die Apparate mit kontinuierlich bewegtem Film. Der Amerikaner Jenkins z. B. erreichte mit einem derartigen Apparat 250 Bilder pro Sekunde. Das ist ungefähr die höchste Frequenz, die man bei Verwendung der gewöhnlichen Anordnung für photographische Aufnahmen erzielt, d. h. mit Licht, das von den Objekten reflektiert wird. Es gibt aber Bewegungen, zu deren Analysierung eine Wechselfrequenz nicht von mehreren Hunderten, sondern Tausenden von Aufnahmen pro Sekunde erforderlich ist. Zu diesen Bewegungen gehört z. B. der Insektenflug. Auch hier war Marey wieder der erste, der als Lichtquelle den elektrischen Funken in Vorschlag brachte, der wegen seiner außerordentlich kurzen Dauer und hauptsächlich wegen der Möglichkeit seiner hohen Frequenz sehr geeignet hierzu ist. Freilich lassen sich gerade wegen der kurzen Dauer des Funkens keine Aufnahmen im reflektierten Lichte machen, sondern man muß das durchfallende Licht benutzen, wodurch gewissermaßen nur Schattenbilder der Objekte entstehen, die indessen bei mehr oder weniger transparenten Körpern

Digitized by Google

immerhin Einzelheiten der Struktur erkennen lassen. Jedoch ist diese Art der Abbildung zur Lösung vieler Bewegungsprobleme vollkommen ausreichend.

Diese Methode wurde von L. Bull im Mareyschen Institut zu Paris während der letzten Jahre zu einer hohen Vollkommenheit gebracht. Seine Versuchsanordnung ist aus dem in Abb. 60 dargestellten Schema ersichtlich: Auf dem Rad *R* von ca. 30 cm Durchmesser ist die empfindliche Schicht aufgewickelt. Dieses Rad wird durch einen Elektromotor in etwa 200 Umdrehungen pro Minute versetzt. An derselben Achse von *R* sitzt noch eine Hartgummischeibe *J*, die an ihrem Umfang einige 50 voneinander isolierte Lamellen aus Messing trägt, auf denen die Enden der Leitung eines nach

Abb. 60. Schema der Versuchsanordnung nach L. Bull zur kinematographischen Aufnahme fliegender Insekten.



einem Induktorium *A* führenden Primärstromkreises von ca. 50 Volt Spannung und $2^1/_2$ Ampère Stromstärke schleifen. Durch diese Vorrichtung *J* wird also dieser Primärstrom in der Sekunde ungefähr 2000 mal unterbrochen, und hierdurch werden im Sekundärkreis ebenfalls 2000 Stromstöße erzeugt, von denen jeder bei *E* zwischen Magnesiumelektroden einen leuchtenden Funken erzeugt. Die Intensität des Funkens wird noch durch die Einschaltung eines Kondensators *L* verstärkt. Das Funkenlicht wird durch das Kondensorsystem *cC* in das photographische Objektiv *O* gesammelt, das von einem in den Strahlengang gebrachten Objekt ein scharfes Bild auf der photographischen Schicht erzeugt. Die Dauer jeder Funkenentladung ($^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ milliontel Sekunde) ist gegenüber der Geschwindigkeit des Rades *R* sehr klein, so daß hier eine kontinuierliche Filmbewegung möglich ist, ohne daß eine merkliche Unschärfe der einzelnen Bilder eintritt. Jede Funkenentladung bei *E* erzeugt

Digitized by Google

auf der Schicht auf *R* ein Bild, und die Zahl der Unterbrechungen im Primärstromkreis durch *J* ist so bemessen, daß die entstehenden Bilder sich nicht überdecken. Bei *S*, unmittelbar vor der empfindlichen Schicht, ist ein besonders konstruierter Momentverschluß angebracht, der durch einen Elektromagneten geöffnet wird. Dieser kann durch Heben des Sucherspiegels *M* (welcher im heruntergeklappten Zustande auf der Mattscheibe *D* das Bild entwirft) in Tätigkeit gesetzt werden; durch einen Kontakt am Rad *R* wird der Verschluß wieder geschlossen, derart, daß die Schicht nur während einer Umdrehung exponiert wird, so daß keine Bilder übereinander fallen.

Bull hat nun die Erfahrung gemacht, daß die erreichbare Frequenz der (brauchbaren) Funkenentladungen mit der Verlängerung des Funkens abnimmt. Kurze Funken gestatten also eine große Frequenz, geben aber bei der üblichen photographischen Anordnung schwache Bilder. Letzteren Mangel beseitigt Bull aber dadurch, daß er die ultravioletten Strahlen, an denen der Magnesiumfunke sehr reich ist, mit zur Wirkung kommen läßt, indem er alle optischen Teile nicht aus Glas (das ja diese Strahlen verschluckt) sondern aus Quarz und Kalkspath macht. Hierdurch hauptsächlich hat Bull die hohe Frequenz von 2000 Bildern pro Sekunde erreicht. In Wirklichkeit erhält er jedoch nur etwa 50 Bilder bei einer Aufnahme, die also ungefähr $^1/_{40}$ Sekunde dauert.

Ein weiterer Mangel des Verfahrens bestand darin, daß die Aufnahmen nur Schattenbilder darstellen, also in bezug auf die Körperlichkeit der abgebildeten Objekte keinen genügenden Aufschluß zu geben vermögen. Diesen Mangel beseitigt Bull durch Anwendung der Stereoskopie. Er bringt in dem lichtdichten Behälter *B* (Abb. 60) neben *R* noch ein zweites solches Rad an, und davor ein zweites Objektiv *O*, das durch eine zweite Funkenstrecke Licht erhält. Um die Bilder in bezug auf ihre relative Lage und Zeit genau reduzieren zu können, photographiert Bull zugleich einen Maßstab sowie ein Zeitsignal mit; letzteres besteht aus zwei Spitzen, die an den Enden einer auf elektromagnetischem Wege in Schwingung erhaltenen Stimmgabel befestigt sind. Sehr bemerkenswert ist auch die Art und Weise, wie Bull die Insekten in den Strahlengang fliegen läßt. Mit der bloßen Hand ist das nicht möglich, da die Tiere so rasch durch das Gesichtsfeld schwirren, daß die Verschlußöffnung am Objektiv immer zu spät kommt. Je nach der Art des Auffluges der Insekten wendet er drei verschiedene Methoden an: Diejenigen

Digitized by Google

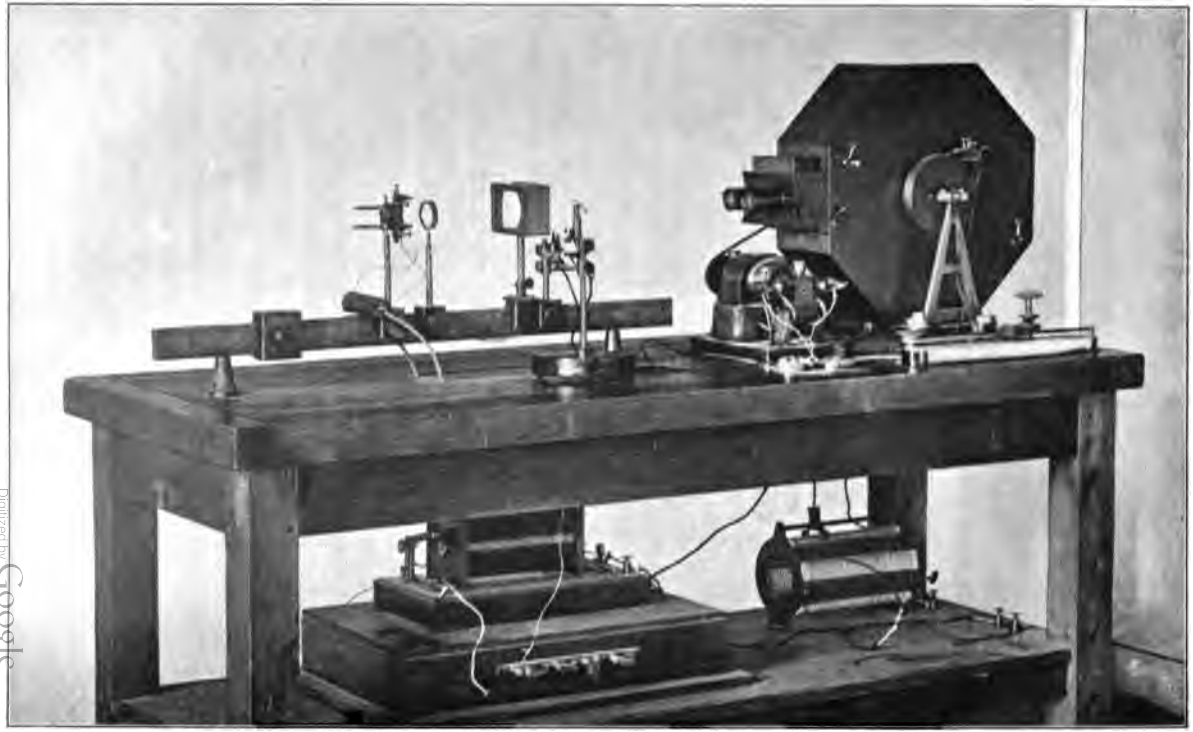


Abb. 61. Gesamtansicht der Versuchsanordnung nach L. Bull für stereoskopische Kinoaufnahmen fliegender Insekten.

Digitized by Google

Insekten, welche sehr rasch auffliegen, werden durch ein feines Zängchen an den Beinen festgehalten, das sich durch einen Elektromagneten in dem Moment öffnet, in dem der Objektivverschluß geöffnet wird. Andere Insektenarten, die sich vor dem Aufflug länger besinnen, werden in kleine Röhrchen gesteckt, aus denen sie herauskriechen und beim Auffliegen kleine Türchen oder Hebel durch ihr eigenes Gewicht in Bewegung setzen, die einen elektrischen Kontakt herstellen, wodurch der Objektivverschluß in Tätigkeit versetzt wird. Eine kurze Zeit vorher ist natürlich schon das Rad *R* in Umdrehung und die Funkenstrecke *E* in Tätigkeit versetzt worden. Die Totalansicht der Versuchsanordnung Bulls zeigt Abb. 61, die aus dem soeben Mitgeteilten und nach Abb. 60 leicht verständlich ist.

Abb. 62. Der Libellenflug nach L. Bull.

Mit Hilfe dieses Apparates hat nun Bull den Flug bei verschiedenen Insektenarten studiert. Er hat die Bahnen bestimmt, welche die Flügel und die Körper der Insekten beschreiben, die Neigungen und Formänderungen der Flügelflächen, die Größe des Ausschlages der Flügel, und schließlich die Frequenz der Flügelschläge und die Fluggeschwindigkeit. Die bisher mitgeteilten Resultate sind außerordentlich interessant und vielleicht auch für die moderne Flugtechnik von Bedeutung. Abb. 62 stellt drei aus einer Serienaufnahme von dem Fluge der Libelle herausgegriffene Phasen dar. — Bull hat seinen Apparat aber auch zur Analysierung anderer Bewegungsprobleme als des Insektenfluges verwendet. So zeigt die Abb. 63 die Durchschießung einer Seifenblase mittels einer Pistolenkugel. Man sieht das ziemlich deformierte Projektil in die Blase eindringen, auf dem 6. und 7. Bild bewegt es sich innerhalb der unverletzten Blase, die sich wieder geschlossen hat, weiter, und erst nach dem Austritt der Kugel aus der Blase zerreißt letztere.

Also auch Probleme der Ballistik lassen sich nach dem Verfahren Bulls lösen, doch ist der beschriebene Apparat hauptsächlich für biologische Aufnahmen bestimmt. Die Ballistiker haben wieder

Digitized by Google

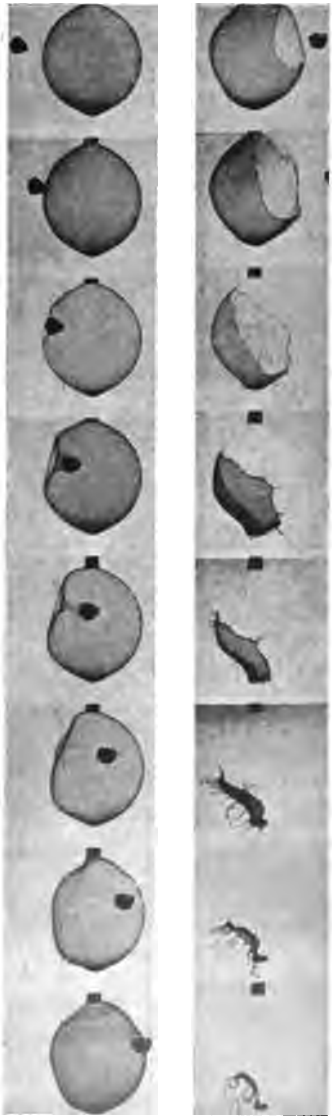


Abb. 63. Durchschießung einer Seifenblase nach L. Bull.

ihre speziellen Apparate, die dem Prinzip nach dem Bullschen insofern ähnlich sind, als hier der intermittierende elektrische Funke angewendet wird. Jedoch handelt es sich hier um die Analysierung der höchsten Geschwindigkeiten, die überhaupt ein irdischer fester Körper von endlicher Größe[1]) erreichen kann: Beträgt doch die Geschwindigkeit eines modernen Infanteriegeschosses in der Nähe der Gewehrmündung ungefähr 900 Meter in der Sekunde! Es ist also eine weitere Erhöhung in der Bildwechselfrequenz erwünscht. Ferner sind bei der Lösung der ballistischen Probleme besondere Hilfsapparate und Vorrichtungen erforderlich, die eine sehr genaue Bestimmung kleiner Geschwindigkeitsänderungen ermöglichen.

Der erste Forscher, welcher überhaupt den elektrischen Funken für sehr kurze Momentaufnahmen verwendet hat, war der Physiker E. Mach in Wien im Jahre 1887. Es gelang ihm, fliegende Geschosse bis zu der (damals technisch erreichbaren) Geschwindigkeit von ca. 700 Metern zu photographieren, und er erhielt Aufnahmen, welche auch heute noch in jeder

1) Eine Ausnahme machen die „kleinsten Teilchen", aus welchen manche Strahlenarten, wie z. B. die Radiumstrahlen usw. bestehen, und die mit wesentlich höherer Geschwindigkeit durch den Raum geschleudert werden.

Digitized by Google

Hinsicht als klassische Musteraufnahmen gelten können. Das Wertvollste an den Machschen Aufnahmen ist nämlich der Umstand, daß sie die Luftwellen, die sogenannten „Streckwellen", zeigen, die durch das Geschoß hervorgerufen werden und aus denen Mach wichtige Schlüsse auf den Luftwiderstand zog. Es ergaben sich z. B. interessante Beziehungen der Form dieser Streckwellen zur Schallgeschwindigkeit, die ja weit geringer als die der schnellsten Geschosse ist, nämlich nur ca. 340 m. Diese Abbildung der Luftwelle erreichte Mach durch Verbindung der Funkenphotographie mit der sogenannten „Töplerschen Schlierenmethode", auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen. So wurde E. Mach der Begründer eines wichtigen Zweigs der modernen Ballistik. Seitdem ist das Verfahren der Funkenphotographie immer weiter verbessert und verfeinert worden, und man hat es hauptsächlich zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Geschossen aller Art benutzt. In neuester Zeit ist das z. B. von Geh. Rat Cranz in Charlottenburg geschehen.

Im Folgenden wollen wir etwas eingehender die Versuchsanordnung beschreiben, deren sich Cranz bedient, und die sich dadurch auszeichnet, daß sie die wohl bisher überhaupt erreichte höchste Bildwechselfrequenz von mehr als 5000 besitzt und eine außerordentlich hohe Messungsgenauigkeit gestattet. Das Verfahren von Cranz kann man als eine Kombination der Machschen Geschoßphotographie mit den Prinzipien der drahtlosen Telegraphie und der Kinematographie ansehen. Während jedoch bei dem ursprünglichen Verfahren von Mach das Geschoß im Augenblick der Aufnahme durch Berührung eines feinen Drahtes den elektrischen Kontakt zur Erzeugung des Funkens selbst herstellt, geschieht bei Cranz die Aufnahme bei völlig freiem Flug des Geschosses. Ferner hat Cranz das Verfahren derart ausgebildet, daß damit die Geschoßgeschwindigkeiten am Anfang und am Ende einer längeren (ca. 50 m langen) Flugstrecke gemessen werden können, was für die Lösungen verschiedener Aufgaben, namentlich des Problems des Luftwiderstandes, von Bedeutung ist.

Die Versuchsanordnung des Verfahrens von Cranz ist in Abb. 64 schematisch dargestellt. Während nun bei dem Verfahren Bulls die Unterbrechungen des Primärstromkreises zwangläufig mit der Rotation der Filmtrommel erfolgen, geschieht dies nach dem Cranzschen Verfahren unabhängig von der Trommelbewegung. Es ist daher hier eine genaue Abgleichung der Funkenfrequenz mit der Trommelrotation nötig, damit die Bilder nicht übereinanderfallen. Cranz wendet auch keinen unterbrochenen Gleichstrom an, sondern es

Digitized by Google

werden im Primärstromkreis $W2\,3J_1W$ vermittels einer Hochfrequenz-Wechselstrommaschine W, wie solche in der Funkentelegraphie verwendet werden, von der Frequenz 5000 pro Sekunde, kurze und entgegengesetzt gerichtete Stromstöße erzeugt. Jeder dieser Stromstöße induziert im Sekundärkreis $J_1F_1J_1$ des Induktoriums J_1 einen höher gespannten, der bei F_1 eine kurze Funkenstrecke durchschlägt. In C_1 befindet sich zum Zwecke der Verstärkung des Funkens noch ein Kondensator, der „auf Resonanz" gebracht ist, wie es in der Technik der Funkentelegraphie heißt. Bei F_1 springen

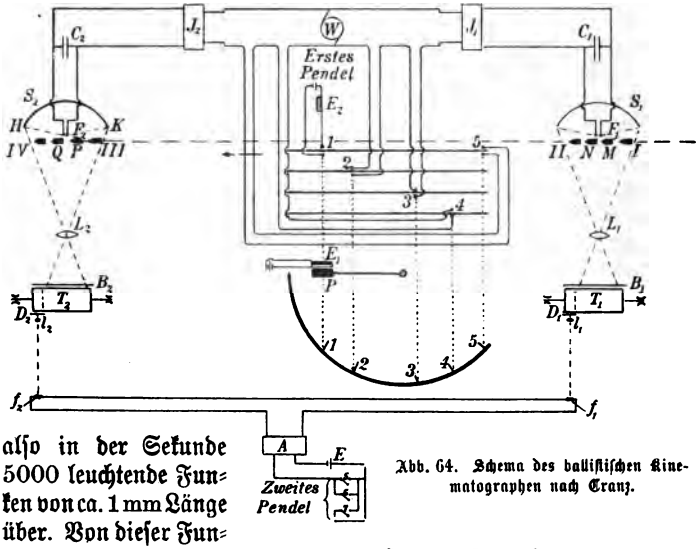


Abb. 64. Schema des ballistischen Kinematographen nach Cranz.

also in der Sekunde 5000 leuchtende Funken von ca. 1 mm Länge über. Von dieser Funkenstrecke F_1 entwirft nun der große Hohlspiegel S_1 von etwa 60 cm Durchmesser ein Bild in der Öffnung des photographischen Objektives L_1, wodurch fast die Hälfte des gesamten Funkenlichtes zur Wirkung kommt. Ein vor dem Spiegel sich vorbeibewegender Körper wird durch L_1 auf dem kontinuierlich bewegten Film jedesmal dann abgebildet, wenn ein Funke überschlägt. Auch hier ist die Abbildung noch vollkommen scharf zu nennen, da auch bei der Frequenz von 5000 die erforderliche Geschwindigkeit des Films, die hier 90 m in der Sekunde beträgt, immer noch klein gegen die $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ milliontel Sekunde betragende Funkendauer ist.

Zum Zwecke der Untersuchung von Vorgängen, die sich inner-

Digitized by Google

halb eines relativ beschränkten Raumes abspielen, verwendet Cranz ein für etwa 800 Bilder ausreichendes gewöhnliches kinematographisches Filmband, das über zwei Räder läuft, von denen das eine von einem Elektromotor angetrieben wird. Das Filmband läuft dann durch die Bildebene des Objektives L_1 hindurch. (Diese Vorrichtung ist hier in Abb. 64 nicht mit dargestellt). Auf diese Weise wurde von Geheimrat Cranz und seinen Assistenten, den

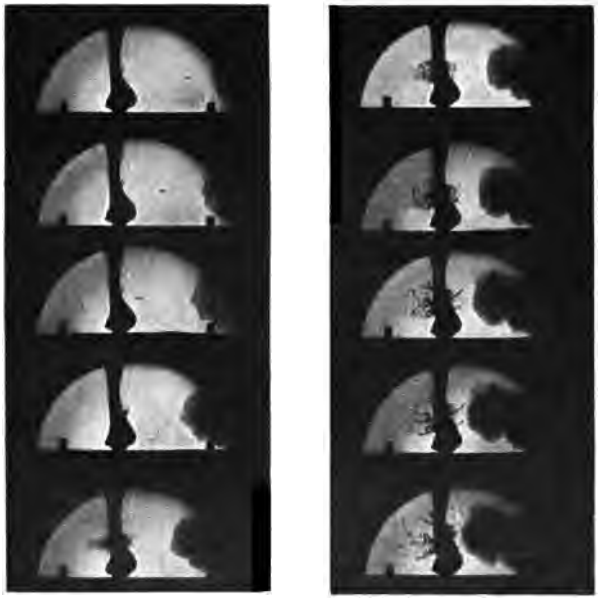


Abb. 65. Durchschießen eines Knochens mit dem Geschoß einer Mannlicher-Pistole.

Herren Hauptleuten Bensberg und Schatte und Oberleutnant Becker, z. B. das Funktionieren von Selbstladewaffen untersucht, ferner die Explosionswirkung moderner Infanteriegeschosse in feuchtem Ton und in Wassergefäßen (welche Erscheinungen den sich bei Kopfschüssen und Schüssen in stark flüssigkeitshaltige Organe zeigenden Vorgängen analog sind), ferner den Stoß elastischer Stahlkugeln, das Zersplittern von Knochen durch ein Geschoß. Auch die Flügelbewegungen von

Digitized by Google

Vögeln sind von Cranz schon untersucht worden; hierbei wird natürlich die höhere Frequenz mehr Bewegungsphasen eines Flügelschlages geben; doch dürfte der oben beschriebene Apparat von Bull für diese Zwecke doch wohl bequemer und zweckentsprechender sein.

In Abb. 65 sind einige Phasen einer Serienaufnahme von der Durchschießung eines Knochens reproduziert. Man sieht die Kugel von rechts nach links durch das Gesichtsfeld wandern, sie durchschlägt den Knochen und verschwindet wieder aus dem Gesichtsfeld. Aber die eigentliche Zersplitterung des Knochens tritt erst relativ lange Zeit nach dem Durchdringen des Geschosses ein, wie schon das Bruchstück der reproduzierten Serie zeigt, und hält noch lange an und geht immer weiter vor sich, was in unserem Bild nicht mehr sichtbar ist. Daraus ist zu schließen (s. S. 117), daß die intensive zerstörende Wirkung nicht von dem Geschoß selbst ausgeht, sondern daß sie eine sekundäre ist, daß sie also durch die schon von E. Mach nachgewiesenen „Streckwellen" und Wirbel, die das Geschoß in der Luft erzeugt, hervorgerufen wird. Ferner läßt sich an der Abb. 65 auch das Nachdringen der Pulvergase sehr gut verfolgen. Geschossen wurde hierbei mit der Mannlicher-Pistole, jedoch mit „verkürzter Ladung". Daher zersplitterte der Markknochen auch nicht vollständig.

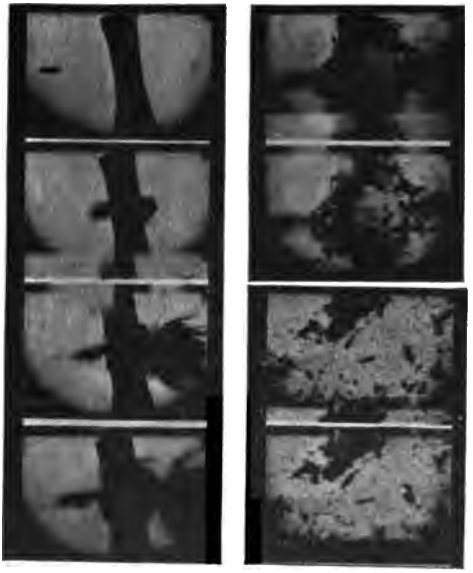


Abb. 66. Zersplitterung eines Markknochens durch ein Infanteriegeschoß M. 88.

Dagegen gibt Abb. 66 die Durchschießung eines ebensolchen Knochens durch ein Infanteriegeschoß von 640 m Geschwindigkeit pro Sekunde wieder. Hierbei zersplittert der Knochen vollkommen, wie der Film zeigt. Das erste Bild zeigt das herannahende Ge-

Digitized by Google

schoß, an dem die Spitze deutlich erkennbar ist; schon im zweiten Bild steckt das Geschoß im Knochen, und im dritten hat es bereits das Gesichtsfeld verlassen. Alle übrigen Veränderungen, die wir sehen, werden vielleicht durch die Streckwelle hervorgerufen. Die Splitter bewegen sich infolge der Luftwirbel hauptsächlich in der Schußrichtung nach hinten und vorn. Die wiedergegebenen Bilder sind drei verschiedenen Stellen des Filmes entnommen.

Diese eigentümliche Wirkung der Streckwellen, die Splitter nach beiden Richtungen zu reißen, wird an den Beispielen der Durchschießung von mit Wasser gefüllten Blasen oder besser von feuchten Tonkugeln noch deutlicher. In Abb. 67 ist ein solcher Schuß durch eine Tonkugel wiedergegeben. Auch hier sind die Bilder drei verschiedenen Stellen des Films entnommen.

Diese Beispiele mit den Wasserblasen und Tonkugeln lassen die furchtbare Wirkung erkennen, welche die Geschosse auf Körperhöhlen, die mit Flüssigkeiten oder Weichteilen gefüllt sind, ausüben. So wird z. B. bei den Kopfschüssen der ganze Kopf meistens vollkommen zersplittert, falls das Geschoß das Hirn durchfährt.

Wenn dagegen relativ kleine Geschosse große weiche Massen treffen, so zeigen die Wunden meist eine merkwürdige Gestaltung, die zugleich eine Aus- und Einstülpung darstellen. Es ist das die sogenannte Afterwirkung der Geschosse. Der Beginn dieses Vorganges wird in nachstehender Abb. 68 veranschaulicht. Es dringt hier ein Geschoß in eine sehr große Masse aus feuchtem Ton, woraus

Abb. 67.
Sog. Explosivwirkung eines Infanteriegeschosses in einer kleinen Kugel aus feuchtem Ton.

Digitized by Google

eine Streugarbe von Tonteilchen hervorbricht. Zugleich stülpen sich die Einschußränder nach außen auf, bald darauf hört diese Ausstülpung auf und die Einstülpung beginnt, die eigentliche sogenannte „Afterwirkung". Letztere ist in der Abb. 68 nicht zu sehen. Auch diese Abbildung gibt drei verschiedene Stellen des Films wieder.

Ein Hauptwert des Verfahrens von Cranz besteht in der großen Genauigkeit bei der Ermittelung von Geschoßgeschwindigkeiten. Zu diesem Zwecke wird das Objektiv L_1 (Abb. 64), das eine bei den gewöhnlichen Kinoaufnahmen übliche Brennweite besitzt, mit einem langbrennweitigen vertauscht. Ferner wird jetzt ein etwa 25 cm breiter Film benutzt, der um eine mit ungefähr 10000 Umdrehungen pro Minute rotierende Trommel T_1 gelegt ist. Unmittelbar vor dem Film ist eine ca. 1 cm hohe und 25 cm lange Schlitzblende angebracht, und zwar vor dem Teil der Bildebene, in dem die Geschoßbahn abgebildet wird. Die Tourenzahl der Trommel wird nun in bezug auf die Funkenfrequenz derart abgestimmt, daß die einzelnen Teilbilder sich nicht überdecken, aber möglichst nahe aneinander liegen. Von einem vor dem Spiegel vorbeifliegenden Geschoß erhält man so auf dem Film eine Reihe von scharfen Bildern des Geschosses, die gegeneinander derart verschoben sind, daß ihre Verbindungslinie eine schräge gerade Linie auf dem Film bildet. Abb. 69 zeigt ein verkleinertes Abbild einer solchen Aufnahme. G_1 bis G_5 sind die einzelnen Geschoßbilder. Die Translationsgeschwindigkeit des Geschosses wird aus je zwei Bildern

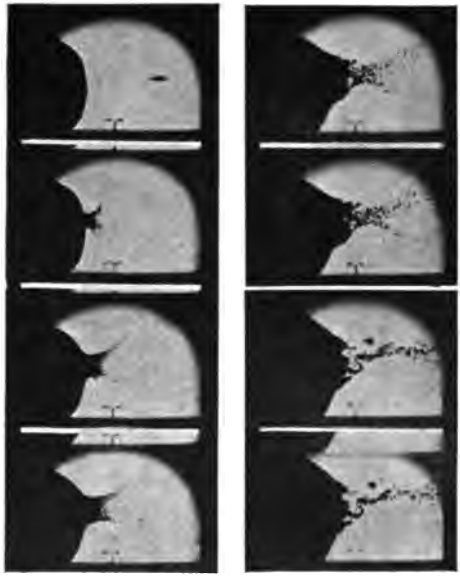


Abb. 68. Sog. Afterwirkung beim Eindringen des S-Geschosses in eine große Kugel aus feuchtem Ton.

Digitized by Google

des Geschosses abgeleitet; sie ist einfach gleich der Tangente des Winkels ACB. Um etwaige Fehler, die durch das Objektiv L_1 und infolge von Schichtverziehungen am Film entstehen könnten, zu eliminieren, wird der horizontale Bildabstand AB durch einen mitphotographierten Maßstab ermittelt; der vertikale Bildabstand BC wird aus dem Umfange der Trommel T_1 und ihrer Tourenzahl festgestellt und in Zeitsekunden ausgedrückt.

Die Genauigkeit derartiger Messungen ist eine ganz erstaunlich hohe: Aus den bisher mitgeteilten Resultaten ergibt sich ein mittlerer wahrscheinlicher Fehler von $\pm 0{,}2$ bis $\pm 0{,}3$ m pro Sekunde, d. h. bei einer Geschoßgeschwindigkeit von 900 m eine Genauigkeit von ca. $\pm 0{,}03\,\%$.

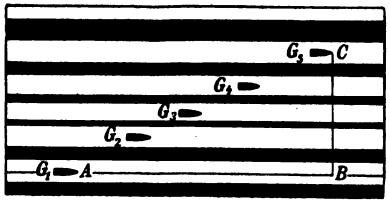


Abb. 69. Geschoßaufnahme auf der rotierenden Trommel.

Diese hohe Genauigkeit ermöglichte erst die Bestimmung geringer Geschwindigkeitsänderungen, wie sie z. B. bei der Durchschießung von Platten eintreten. Die Platte wird einfach in die Schußlinie vor den Spiegel S_1 gestellt, und aus den erhaltenen Geschoßbildern vor und hinter dem Bild der Platte wird der Verlust an Geschwindigkeit abgeleitet. So beträgt z. B. der Geschwindigkeitsverlust eines mit 352,4 m in der Sekunde fliegenden Geschosses bei Durchschießung einer 4 mm dicken Bleiplatte nur 3,2 m pro Sekunde, d. h. das Geschoß fliegt hinter der Platte noch mit 349,2 m in der Sekunde weiter. Ja, Cranz konnte sogar auf der kurzen Strecke, die das Geschoß vor dem Spiegel S_1 zurücklegt, die Wirkung des Luftwiderstandes nachweisen.

Genauere Messungen des Geschwindigkeitsverlustes infolge des Luftwiderstandes aber werden in sinnreicher Weise von Cranz dadurch ermöglicht, daß er, wie schon erwähnt, die Geschwindigkeit am Anfang und am Ende einer größeren Strecke der Flugbahn feststellt. Es geschieht dies durch Hinzunehmen eines zweiten, dem bereits beschriebenen identischen Instrumentariums; nur die Hochfrequenz-Wechselstrommaschine W wird gemeinsam benutzt. Das Geschoß passiert dann nacheinander die beiden Spiegel S_1 und S_2, die einen bestimmten Abstand voneinander haben, etwa 50 m, und die Aufnahme des Geschosses geschieht auf den beiden Filmrollen T_1 und T_2. Das Resultat eines Messungsbeispieles möge

Digitized by Google

noch angeführt werden: Auf einer Strecke von 45,68 m betrug die Geschwindigkeitsabnahme eines mit 892,6 m in der Sekunde fliegenden Geschosses 56,4 m pro Sekunde. Auch Pendelung und Rotation des Geschosses sind von Cranz mit Hilfe seines Apparates gemessen worden.

Es erübrigt nun nur noch, kurz auf die Vorrichtung einzugehen, welche die Aufnahme des völlig freifliegenden Geschosses ohne Berührung von Drähten usw. ermöglicht, was ja gerade mit ein Hauptvorzug der Cranzschen Anordnung ist. Die Aufgabe dieses Hilfsapparates ist also die, nur so lange den Primärstromkreis geschlossen zu halten, als das Geschoß vor dem Spiegel vorbeifliegt. Cranz erzielt dies mittels eines Pendels P, durch dessen Bewegung verschiedene Kontakte geschlossen bzw. geöffnet werden. Diese Kontakte 1 bis 5 können auf 4 parallelen, kreisförmigen Schienen meßbar verschoben werden; im unteren Teile der Abb. 64 ist die Seitenansicht dieses Pendelunterbrechers dargestellt; darüber ist das Schaltungsschema von oben gesehen angedeutet. Das Pendel P wird zunächst durch den Elektromagneten E_1 in horizontaler Lage gehalten. Nach Unterbrechung des Stromes, der E_1 speist, fällt das Pendel herunter und unterbricht zuerst den Strom des Elektromagneten E_2, wodurch der Schuß ausgelöst wird. Das Pendel P schwingt nun weiter und schließt den Primärstromkreis $W2\ 3J_1W$ ungefähr in dem Moment, wo sich das Geschoß dem Spiegel nähert, und die Funkenstrecke F_1 tritt in Tätigkeit. Kurz darauf wird der genannte Primärstromkreis durch das Pendel bei Kontakt 3 wieder unterbrochen. Das Geschoß nähert sich nun dem zweiten Spiegel S_2, auch das Pendel schwingt weiter und schließt den Kontakt 4, wodurch der Primärstrom $W4\ 5J_2W$ in Tätigkeit tritt und die Funken bei F_2 überspringen. Wenn das Geschoß den Spiegel S_2 passiert hat, unterbricht das Pendel den Kontakt 5, durch den der Primärstrom links ausgeschaltet wird. Die Stellung der Kontakte auf den Schienen muß natürlich ausprobiert werden. Schließlich ist noch eine Vorrichtung zu erwähnen, durch welche auf dem Film der beiden Trommeln T_1 und T_2 genaue meßbare Zeitintervalle markiert werden. Durch einen dem beschriebenen ähnlichen zweiten Pendelunterbrecher wird bei 6 und 7 ein durch das Element E erzeugter Primärstrom des Induktoriums A unterbrochen, wodurch bei f_1 und f_2 gleichzeitig jedesmal ein Funken überspringt, dessen Bilder durch die Linsen l_1 und l_2 auf den Rand der Films geworfen werden. Diese Punkte dienen als scharfe Zeitmarken beim Aus-

Digitized by Google

messen der Photogramme, d. h. in letzter Linie zur genauen Ermittelung der vertikalen Bildabstände BC (Abb. 69).[1])

Nachdem wir im vorstehenden eine Reihe von Forschungsgebieten aufgezählt haben, wobei die Kinematographie die Rolle eines wichtigen Hilfsmittels spielt, aber doch immerhin nur Mittel zum Zweck ist, kann wohl nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Kinematographie selbst, allgemein die sogenannten „stroboskopischen Erscheinungen", bis in die neueste Zeit vielfach ein Gegenstand der psychologischen und physiologischen Forschung gewesen sind; es sind das Untersuchungen, deren Resultate wir ja schon im dritten Kapitel eingehend besprochen haben.

1) Nach Abschluß der Korrektur erhielt ich Kenntnis von einigen neueren Abhandlungen des Herrn Hauptmanns Schatte, in denen mehrere neue ballistisch-kinematographische Methoden beschrieben werden, nach denen sich eine wesentlich höhere Bildfrequenz erreichen läßt, als nach dem soeben beschriebenen Verfahren, nämlich eine Frequenz von ungefähr 100 000 pro Sekunde! Ausführlichere Mitteilungen hierüber muß ich nun leider auf eine spätere Zeit verschieben.

Anmerkung zu S. 112, Z. 15 von unten: Ich erlaube mir, eine diesbezügliche Bemerkung des Herrn Geh.-Rat Cranz hier wiederzugeben: „Ich möchte das Gegenteil glauben. Nach Ihrer Ansicht von der Sache dürfte die Explosivwirkung im luftleeren Raum nicht eintreten. Ich vermute aber, daß dies doch der Fall ist, und beabsichtige, Ihre Erklärungsweise daraufhin zu prüfen. Jedenfalls ist Vorsicht zu empfehlen; deshalb schlage ich die Einfügung des Wortes ‚vielleicht' vor. Nähere Einzelheiten finden Sie in meinem Lehrbuch der Ballistik Bd. 1 und dazu Bilder in Bd. 4, Teubner 1910. Cranz".

Digitized by Google

Quellenverzeichnis der Abbildungen.

Folgende Abbildungen sind entnommen bzw. überlassen:

Abb. 37 u. 39: Edmund Liesegang, Düsseldorf.

Abb. 38: von Carl Zeiß, Jena.

Abb. 47 u. 48: von Heinrich Ernemann, Akt.-Ges., Dresden.

Abb. 57: David, Die Momentphotographie (Verlag Wilh. Knapp, Halle a. S.).

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Auf dem Gebiete der Physik und Technik erschienen u. a.:

Werdegang der modernen Physik: Dr. H. Keller. (Bd. 343.)
Die großen Physiker und ihre Leistungen: Prof. Dr. F. A. Schulze. (Bd. 324.)
Das Licht und die Farben: Prof. Dr. L. Graetz. (Bd. 17.)
Sichtbare und unsichtbare Strahlen: Prof. Dr. R. Börnstein und Prof. Dr. W. Marckwald. (Bd. 64.)
Die optischen Instrumente: Dr. M. v. Rohr. (Bd. 88.)
Spektroskopie: Dr. L. Grebe. (Bd. 284.)
Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung: Dr. W. Scheffer. (Bd. 35.)
Das Stereoskop und seine Anwendungen: Prof. Th. Hartwig. (Bd. 135.)
Bilder aus der Ingenieurtechnik: Baurat K. Merckel. (Bd. 60.)
Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit: Baurat K. Merckel. (Bd. 28.)
Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und technische Entwicklung: Dr. R. Nimführ. (Bd. 300.)
Das Automobil: Ingenieur K. Blau. (Bd. 166.)
Die Metalle: Professor Dr. K. Scheid. (Bd. 29.)
Grundlagen der Elektrotechnik: Dr. R. Blochmann. (Bd. 168.)
Telegraphie und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung: Telegr.-Insp. H. Brick. (Bd. 235.)
Die Funkentelegraphie: Von Oberpostpraktikant H. Thurn. (Bd. 167.)
Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik: Telegr.-Insp. H. Brick. (Bd. 285.)
Die Beleuchtungsarten der Gegenwart: Dr. W. Brüsch. (Bd. 108.)
Mechanik. Bd. I. Die Mechanik der festen Körper: Geh. Rat A. v. Ihering. (Bd. 303.)
Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (Bd. 21.)
Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (Bd. 86.)
Wasserkraftmaschinen: Geh. Rat A. v. Ihering. (Bd. 228.)
Die Lehre von der Energie: A. Stein. (Bd. 257.)

Nähere Angaben über diese Bände siehe im Anhang

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Lehrbuch der Physik.

Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium.

Von **E. Grimsehl,**

Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg.

Mit 1091 Figuren, 2 farbigen Tafeln und Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen.

[XII u. 1052 S.] gr. 8. 1909. Geh. ℳ 15.—, geb. ℳ 16.—

[2. Auflage 1911 unter der Presse]

Das Buch umfaßt den gesamten Lehrstoff der Physik etwa in dem Umfange, wie er bei den akademischen Vorlesungen über die Experimental-Physik an den Universitäten und den technischen Hochschulen behandelt wird. So kann das Buch dem Studierenden ein guter Führer bei den Vorlesungen sein. Es befähigt aber auch den im Beruf stehenden gebildeten Menschen, sich über die einzelnen Zweige der Physik gründlich zu unterrichten. Die Behandlung ist streng wissenschaftlich, dabei im Aufbau der einzelnen Kapitel methodisch und somit geeignet, beim Studium erkennen zu lassen, auf welchem Wege die abgeleiteten Gesetze gewonnen sind und gewonnen werden können. Im besonderen ist stets streng auf den Unterschied zwischen sicher erkannten Gesetzen und Hypothesen hingewiesen. Bei einigen mathematischen Ableitungen ist von den Hilfsmitteln der Infinitesimalrechnung Gebrauch gemacht; daneben ist vielfach auch die Ableitung ohne Benutzung des Symbols des Differentialquotienten und des Integrals gegeben, damit auch diejenigen, denen diese Symbole nicht geläufig sind, ohne Schwierigkeiten dem Gange der Ableitungen folgen können.

„Was es für diese Zwecke besonders geeignet macht, ist die hervorragend klare und anregende Art der Darstellung. Jeder Abschnitt geht von einfachen Beobachtungen und leicht anzustellenden Versuchen aus. Über tausend Abbildungen, zumeist sind es recht charakteristische schematische Zeichnungen, unterstützen den Text in wirksamer Weise. . . . Mit einem Worte, das Buch verdient in wissenschaftlicher, methodischer und didaktischer Hinsicht volle Anerkennung."

(Natur und Erziehung.)

Die Mechanik.

Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort

Von **L. Tesar,**

Professor an der Staatsrealschule im XX. Bezirke von Wien.

Mit 111 Figuren. [XIV u. 220 S.] gr. 8. 1909. Geh. ℳ 3.20, in Leinwand geb. ℳ 4.—

„Das Buch kann ohne Frage von jedem mit Nutzen vorgenommen werden, der in einem gründlichen Studium der mechanischen Probleme die Vorstufe für ein tieferes Verständnis physikalischer Fragen überhaupt erkannt hat. Das Hauptverdienst dieses Buches beruht darin, daß es in jedem Leser ein wirkliches und nachhaltiges Interesse für die Mechanik wachruft. Nicht zum geringsten tragen dazu neben dem klaren Vortrage die sorgfältig gezeichneten und scharf dem Text angepaßten Figuren bei." (Königsberger Allgemeine Zeitung.)

„Der Leser wird in dem Buche vielerlei interessante Hinweise und Beispiele finden, die in den üblichen Lehrbüchern nicht vorkommen. Beständig wird auf wirkliche, beobachtbare Erscheinungen, z. B. beim Fahrrad, der Eisenbahn usw., Bezug genommen und deshalb z. B. bei den einfachen Maschinen die Reibung mit in Rechnung gestellt. Auch die historische Entwicklung wird durchweg klar beleuchtet. . . ." (Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Experimentelle Elektrizitätslehre

Verbunden mit einer Einführung in die Maxwellsche und die Elektronentheorie der Elektrizität und des Lichts

Von **Dr. H. Starke**

a. o. Professor der Physik an der Universität Greifswald

2. vermehrte Auflage. Mit 334 Abbild. [XVI u. 662 S.] gr. 8. 1910.
In Leinwand geb. ℳ 12.—

„Ein Lehrbuch, wie das vorliegende, das von ganz modernem, theoretisch einheitlichem Standpunkte aus unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Ätherphysik zusammenstellt, war längst ein Bedürfnis. Der Verfasser ist ihm in ungemein glücklicher Weise entgegengekommen, und ein großer Erfolg ist seinem Werke gewiß. In der eleganten, klaren Art, die theoretischen Prinzipien zu entwickeln und die Tatsachen lebendig darum zu gruppieren, gleicht die Darstellung den bisher in Deutschland kaum erreichten Mustern französischer Lehrbücher. Die Reichhaltigkeit des mitgeteilten, bis zu den neuesten Ergebnissen der Elektronentheorie reichenden Materials ist erstaunlich. Nur durch so echt wissenschaftliche Behandlung, also durch feste theoretische Fundierung, konnte auf so kleinen Raum so viel gebracht werden, und zwar so gebracht werden, daß man es bei der Lektüre wirklich 'erlebt'. Auch die prinzipiellen Seiten der technischen Anwendung sind sehr ausgiebig eingefügt, so daß das Buch gleichzeitig eine Einführung in die Elektrotechnik ist, wie es zurzeit keine bessere in Deutschland gibt. Die Ausstattung ist dem Gehalte entsprechend." (H. Th. Simon in der **Physikal. Zeitschr.**)

Einführung in die Elektrotechnik

Physikalische Grundlagen und technische Ausführungen

Von **R. Rinkel.**

Professor an der Handelshochschule zu Cöln.

Mit 445 Abbildungen. [VI u. 464 S.] gr. 8. 1908.
Geh. ℳ 11.20, in Leinwand geb. ℳ 12.—

„Der Verfasser hat es in ausgezeichneter Weise verstanden, den nicht speziell physikalisch und mathematisch Gebildeten in die Grundlehren der Elektrotechnik einzuführen. Er gibt in einer Einleitung eine kurze Übersicht über die verschiedenen Sondergebiete der Elektrotechnik und behandelt dann in höchst elementarer Weise die Grundtatsachen der elektrischen Erscheinungen Er geht dabei überall von geschichtlichen Daten aus und zeigt dem Leser gleichzeitig dadurch, wie sich die ‚Elektrotechnik' aus den primitiven Anfängen bis zu dorjenigen Vollkommenheit entwickelt hat, wie sie uns heute überall entgegentritt. Dann kommen die speziell elektrotechnischen Probleme und mit ihnen die Apparate und Maschinen, vermittels deren diese Probleme gelöst worden sind, zur Behandlung. Auch hier wird überall soviel als möglich an dem Leser Bekanntes angeschlossen; gewisse elektrische Erscheinungen werden, um sie dem Verständnis näher zu rücken, an Hand mechanischer Modelle einfachster Art erklärt, oder es dienen besonders schematisch gehaltene Zeichnungen dazu, den Leser auf dasjenige aufmerksam zu machen, was diese oder jene Erscheinung, diese oder jene Eigenschaft der Maschine bedingt. Jedem, der sich für die wichtigsten Fragen der Elektrotechnik interessiert und der sich darüber, was die letzten Jahre auf diesem Gebiete Neues gebracht haben, zu orientieren wünscht, kann das Werk bestens empfohlen werden." **(Apotheker-Zeitung.)**

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Dr. Bastian Schmids
Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek

Die Bändchen dieser Sammlung sind keine Kopie des Unterrichts, vielmehr behandeln sie die betreffende Materie in anregender Form, und zwar so, daß der Schüler den Stoff selbsttätig erlebt, sei es auf Wanderungen in der engeren oder weiteren Heimat oder zu Hause durch selbständige Beobachtung oder durch ein planmäßig angestelltes Experiment. Auch Eltern, Erzieher und gebildete Laien, die an dem geistigen Wachstum der Jugend Interesse nehmen, werden gern zu dem einen oder andern Bändchen greifen.

Physikalisches Experimentierbuch. Von Professor Hermann Rebenstorff in Dresden, Kgl. Kadetten-Korps. In 2 Teilen. I. Teil. Anleitung zum selbständigen Experimentieren für jüngere und mittlere Schüler. Mit 99 Abbildungen. [VI u. 231 S.] M. 3.—. [II. Teil unter der Presse.]

An der See. Geographisch-geologische Betrachtungen für mittlere und reife Schüler. Von Dr. P. Dahms, Professor am Realgymnasium zu Zoppot. Mit 61 Abbildungen im Text. [VI u. 210 S.] M. 3.—

Große Physiker. Bilder aus der Geschichte der Astronomie und Physik für reife Schüler. Von Direktor Professor Dr. Hans Keferstein in Hamburg. Mit 12 Bildnissen. [VI u. 234 S.] M. 3.—

Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge. Für reife Schüler. Von Oberlehrer Franz Rusch in Dillenburg (Hessen-Nassau). Mit 30 Figuren im Text und 1 Sternkarte als Doppeltafel. [IV u. 223 S.] M. 3.50.

Geologisches Wanderbuch. Für mittlere und reife Schüler. Von K. G. Volk, Professor an der Oberrealschule in Freiburg i. B. In 2 Teilen. I. Teil. Mit 169 Abbildungen im Text und einer Orientierungstafel. Buchschmuck von W. Baden. [IV u. 294 S.] M. 4.—. [II. Teil in Vorbereitung.]

Küstenwanderungen. Biologische Ausflüge für mittlere und reife Schüler. Von Dr. V. Franz, Abteilungsvorsteher des Neurologischen Instituts zu Frankfurt a. M. Mit 92 Figuren im Text. [IV u. 166 S.] ca. M. 3.—

Anleitung zu photographischen Naturaufnahmen. Für mittlere und reife Schüler. Von Lehrer Georg E. F. Schulz in Friedenau bei Berlin. Mit 41 eigenen photogr. Aufn. d. Verf. und einem Vierfarbendruck. [IV u. 204 S.] ca. M. 3.50.

Die Luftschiffahrt. Für reife Schüler. Von Privatdozent Dr. Raimund Nimführ in Wien. Mit 99 Figuren. [X u. 224 S.] ca. M. 3.50.

Chemisches Experimentierbuch für Knaben. Von Prof. Dr. Karl Scheid in Freiburg in Br. In 2 Teilen. I. Teil. 2. Aufl. Mit 278 Abb. [VIII u. 209 S.] M. 3.20. [II. Teil: Oberstufe in Vorbereitung.]

Unter der Presse * bzw. in Vorbereitung befinden sich:

Geograph. Wanderbuch. Von Privatdoz. Dr. Alfred Berg in Charlottenburg.

***Vegetationsbilder der Heimat.** Von Dr. Paul Graebner, Kustos am Kgl. Botan. Garten in Berlin-Gr.-Lichterfelde.

Frühlingspflanzen. Von Professor Dr. F. Höck in Perleberg.

Das Leben in Teich und Fluß. Von Professor Dr. Reinhold von Hanstein in Berlin-Groß-Lichterfelde.

Insektenbiologie. Von Oberlehrer Dr. Chr. Schröder in Berlin.

Schmetterlingsbuch. Von Oberstudienrat Dr. L. Lampert, Professor am Kgl. Naturalienkabinett in Stuttgart.

Das Leben unserer Vögel. Von Dr. Johann Thienemann, Kustos am zoolog. Museum der Universität Königsberg und Leiter der Vogelwarte Rositten.

Aquarium und Terrarium. Von Dr. F. Urban, Professor an der k. k. Staatsrealschule zu Plan.

Das Handwerk. Praktischer Handfertigkeitsunterricht. Von G. Gscheidlen, Professor am Lessing-Realgymnasium zu Mannheim.

Chemie und Großindustrie. Von Prof. Dr. E. Löwenhardt an der Städt. Oberrealschule zu Halle a. S.

Große Chemiker. Von Professor Dr. O. Ohmann in Berlin.

Meteorologie. Von Gymn.-Oberlehrer M. Sassenfeld in Emmerich a. Rh.

Körper- und Geistespflege. Von Dr. med. Siebert in München.

Große Ingenieure. Von Privatdozent C. Matschoß in Berlin.

***Vom Einbaum zum Linienschiff.** Von Ingenieur K. Radunz in Kiel.

Biologisches Experimentierbuch. Von Oberl. Dr. C. Schäffer in Hamburg.

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung und Unterricht.

Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 2. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch und 1 Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)

Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)

Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. Knabe. (Bd. 85.)

Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)

Allgemeine Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)

Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. Mit 2 Abb. (Bd. 224.)

Psychologie des Kindes. Von Prof. Dr. R. Gaupp. 2. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd. 218.)

Moderne Erziehung in Haus und Schule. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 159.)

Großstadtpädagogik. Von J. Tews. (Bd. 327.)

Schulkämpfe der Gegenwart. Von J. Tews 2. Aufl. (Bd. 111.)

Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin. (Bd. 65.)

Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Direktor Dr. Fr. Schilling. (Bd. 256.)

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 140.)

Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. G. Fritz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)

Die amerikanische Universität. Von Ph. D. E. D. Perry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.)

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. S. Müller. Mit zahlr. Abb., Karte u. Lageplan. (Bd. 190.)

Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten in ihren hervortretenden Zügen. Von Direktor Dr. F. Kuypers. Mit 48 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 150.)

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor K. Möller. 2 Bde. Band II: In Vorb. (Bd. 188/189.)

Schulhygiene. Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 2. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

Jugend-Fürsorge. Von Waisenhaus-Direktor Dr. J. Petersen. 2 Bde. (Bd. 161. 162.)

Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. P. Natorp. Mit 1 Bildnis u. 1 Brieffaksimile. (Bd. 250.)

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit 1 Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von A. von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha. Von weil. Prof. Dr. R. Pischel. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)

Germanische Mythologie. Von Prof. Dr. J. v. Negelein. (Bd. 95.)

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. E. Lehmann. (Bd. 217.)

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Freiherr von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Ansichten. (Bd. 6.)

Digitized by Google

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Von Gymnasialoberlehrer Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 2. Aufl. (Bd. 52)

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. H. Weinel. 3. Aufl. (Bd. 46.)

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. P. Mehlhorn. (Bd. 137.)

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor C. Bonhoff. (Bd. 89.)

Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr. E. Vischer. (Bd. 309.)

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. Mit 2 Bildn. Luthers. (Bd. 113.)

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Soeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. (Bd. 49.)

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. A. H. Braasch. (Bd. 66.)

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. P. Kalweit. (Bd. 225.)

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. A. Pfannkuche. (Bd. 141.)

Einführung in die Theologie: P. M. Cornils. (Bd. 347.)

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Prof. Dr. R. Richter. 2. Aufl. (Bd. 155.)

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor H. Richert. (Bd. 186.)

Aesthetik: Dr. R. Naumann. (Bd. 345.)

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. J. Cohn. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)

Griechische Weltanschauung. Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. B. Busse. 4. Aufl., herausgeg. von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr O. Külpe. 5. Aufl. (Bd. 41.)

Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. Mit 1 Bildn. (Bd. 180.)

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 146.)

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Von Realschuldirektor H. Richert. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)

Herbert Spencer. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildn. (Bd. 245.)

Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus. Von Prof. Dr. J. Petzoldt. (Bd. 133.)

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Aufl. (Bd. 12.)

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von Prof. Dr. O. Kirn. 2. Aufl. (Bd. 177.)

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. M. Verworn. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 200.)

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. J. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömmer. (Bd. 199.)

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 267.)

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 268.)

Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Prof. Dr. W. Uhl. Mit vielen Abb. u. 1 Karte. (Bd. 84.)

Rhetorik. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. E. Geißler. (Bd. 310.)

Digitized by Google

Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. (Bd. 354.)

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Brunner. 4. Aufl. (Bd. 7.)

Die deutsche Volkssage. Von Dr. O. Böckel. (Bd. 262.)

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Chr. Gaehde. Mit 20 Abb. (Bd. 230.)

Das Drama. Von Dr. B. Busse. Mit Abbildungen. 2 Bde. (Bd. 287/288.)

Bd. I: Von der Antike zum französischen Klassizismus. (Bd. 287.)

Bd. II: Das Drama des 18. Jahrhundert. (Bd. 288.)

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. H. Spiero. (Bd. 254.)

Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit Bildnis Schillers. 2. Aufl. (Bd. 74.)

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. G. Witkowski. 3. Aufl. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 51.)

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. O. F. Walzel. (Bd. 232.)

Friedrich Hebbel. Von Dr. A. Schaupire-Neurath. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 238.)

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildn. (Bd. 193.)

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. Mit 3 Taf. u. 3 Textb. (Bd. 185.)

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Th. Volbehr. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)

Die Ästhetik. Von Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abb. (Bd. 317.)

Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abb. (Bd. 318.)

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Taf. u. 32 Abb. (Bd. 272.)

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 8.)

Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 62 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 326.)

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. R. Kautzsch. Mit 35 Abb. (Bd. 44.)

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. B. Haendcke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)

Albrecht Dürer. Von Dr. R. Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Rembrandt. Von Prof. Dr. P. Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. R. Graul. Mit 49 Abb. (Bd. 87.)

Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. (Bd. 178.)

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. T. R. Hennig. (Bd. 119.)

Klavier, Orgel, Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)

Geschichte der Musik. Von Dr. Fr. Spiro. (Bd. 143.)

Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. C. Krebs. Mit 4 Bildn. (Bd. 92.)

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)

Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)

Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit Partiturbeisp. u. 2 Instrumententab. (Bd. 308.)

Digitized by Google

Geschichte und Kulturgeschichte.

Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Prof. Dr. L. Stein. (Bd. 93.)

Das Altertum im Leben der Gegenwart. Von Prof. Dr. S. Cauer. (Bd. 356.)

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. Mit 22 Abb. (Bd. 131.)

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 2. Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 114.)

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdoz. Dr. L. Bloch. 2. Aufl. (Bd. 22.)

Byzantinische Charakterköpfe. Von Privatdoz. Dr. K. Dieterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)

Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)

Mittelalterliche Kulturideale. Von Prof. Dr. B. Bebel. 2 Bde.
Bd. I: Heldenleben. (Bd. 292.)
Bd. II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. E. Otto. 2. Aufl. Mit 27. Abb. (Bd. 45.)

Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Von Reg.-Baum. a. D. A. Erbe. Mit 59 Abb. (Bd. 117.)

Das deutsche Dorf. Von R. Mielke. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)

Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)

Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Reg.-Baum. Chr. Rauck. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)

Geschichte des deutschen Bauernstandes. Von Prof. Dr. H. Gerdes. Mit 21 Abb. (Bd. 320.)

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dir. Dr. E. Otto. 3. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 14.)

Deutsche Volksfeste und Volkssitten. Von H. S. Rehm. Mitt 11 Abb. (Bd. 214.)

Deutsche Volkstrachten. Von Pfarrer C. Spieß. (Bd. 342.)

Familienforschung. Von Dr. E. Devrient. (Bd. 350.)

Die Münze als hist. Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abb. (Bd. 91.)

Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abb. (Bd. 182.)

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)

Das Zeitungwesen. Von Dr. H. Diez. (Bd. 328.)

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. S. Günther. 2. Aufl. Mit 1 Weltk. (Bd. 26.)

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. O. Weber. 2 B. (Bd. 123. 124.)

Friedrich der Große. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. Mit 2 Bildn. (Bd. 246.)

Geschichte der Französischen Revolution. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. (Bd. 346.)

Napoleon I. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 2. Aufl. (Bd. 129.)

Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 101.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 102.)

1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. O. Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bde. [I 2. Aufl.] Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242). Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrhundert bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. Mit 19 Bildn. (Bd. 174.)

Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. E. Daenell. (Bd. 147.)

Die Amerikaner. Von N. M. Butler. Deutsche Ausg. bes. von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

Digitized by Google

Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Von Major O. v. Sothen. Mit 9 Übersichtsk. (Bd. 59.)

Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Hauptmann A. Meyer. Mit 3 Abb. (Bd. 271.)

Der Seekrieg. Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von K. Freiherrn von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Die moderne Friedensbewegung. Von A. H. Fried. (Bd. 157.)

Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. K. Schirmacher. 2. Aufl. (Bd. 67.)

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und dtsch. Verfassungsw. Von Prof. Dr. Ed. Hubrich. (Bd. 80.)

Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. E. Loening. 3. Aufl. (Bd. 34.)

Moderne Rechtsprobleme. Von Prof. Dr. J. Kohler. (Bd. 128.)

Die Psychologie des Verbrechers. Von Dr. P. Pollitz. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)

Strafe und Verbrechen. Von Dr. P. Pollitz. (Bd. 323.)

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsref. Dr. A. Hellwig. (Bd. 212.)

Das deutsche Zivilprozeßrecht. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)

Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. L. Wahrmund. (Bd. 115.)

Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanw. B. Tolksdorf. (Bd. 138.)

Die Miete nach dem B. G.-B. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 194.)

Das Wahlrecht. Von Reg.-Rat Dr. O. Poenzgen. (Bd. 294.)

Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanw. P. Bienengräber. 2 Bde. (Bd. 219. 220.)

Finanzwissenschaft. Von Prof. Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. (Bd. 2.)

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrh. Von Privatdoz. Dr. Fr. Muckle. 2 Bände. (Bd. 269. 270.) Band I: Der rationale Sozialismus. (Bd. 269.) Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd 270).

Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. M. G. Schmidt. (Bd. 118.)

Geschichte d. deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. P. Arndt. (Bd. 179.)

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Neubearb. von Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)

Die Ostmark. Eine Einführung in die Probleme ihrer Wirtschaftsgeschichte. Von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrh. Von Prof. Dr. L. Pohle. 2. Aufl. (Bd. 57.)

Das Hotelwesen. Von Paul Damm-Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)

Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. W. Claaßen. Mit 15 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 215.)

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Prof. J. L. Laughlin. Mit 9 graph. Darst. (Bd. 127.)

Die Japaner und ihre wirtsch. Entwicklung. Von Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. H. Kampffmeyer. Mit 43 Abb. (Bd. 259.)

Das internationale Leben der Gegenwart. Von A. H. Fried. Mit 1 Tafel. (Bd. 226.)

Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. M. Haushofer. (Bd. 50.)

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Prof. Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. (Bd. 78.)

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)

Die Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdoz. Dr. R. Wilbrandt. (Bd. 106.)

Grundzüge des Versicherungswesens. Von Prof. Dr. A. Manes. 2. Aufl. (Bd. 105.)

Digitized by Google

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. W. Lotz. 3. Aufl. (Bd. 15.)

Das Postwesen. seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. (Bd. 165.)

Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. Mit 4 Fig. (Bd. 183.)

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegr.-Insp. H. Brik. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)

Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

Erdkunde.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 3. Aufl. (Bd. 31.)

Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch. Von Prof. Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)

Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. K. Hassert. Mit 21 Abb. (Bd. 163.)

Wirtschaftl. Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. (Bd. 122.)

Politische Geographie. Von Dr. E. Schöne. (Bd. 353.)

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 16.)

Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 98.)

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

Die Alpen. Von H. Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)

Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Hassert. 2. Aufl. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)

Der Orient. Eine Länderkunde. Von E. Banse. 3 Bde. Mit zahlr. Abb. u. Karten. (Bd. 277. 278. 279.) Band I: Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abb., 10 Kartenskizzen, 3 Diagr. u. 1 Tafel. (Bd. 277.) Band II: Der arabische Orient. Mit 29 Abb. u. 7 Diagr. (Bd. 278.) Band III: Der arische Orient. Mit 34 Abb., 3 Kartenskizzen u. 2 Diagr. (Bd. 279.)

Anthropologie. Heilwissenschaft und Gesundheitslehre.

Der Mensch der Urzeit. Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdoz. Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)

Die Anatomie des Menschen. Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 5 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.) I. Teil: Allg. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abb. (Bd. 201.) II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abb. (Bd. 202.) III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abb. (Bd. 203.) IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.) V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit 20 Abb. (Bd. 263.)

Moderne Chirurgie. Von Prof. Dr. Feßler. Mit Abb. (Bd. 339.)

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

Das menschliche Gebiß, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abb. (Bd. 229.)

Digitized by Google

Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung. Von Dr. M. David. Mit 26 Abb. (Bd. 321.)

Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. R. Zander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)

Die fünf Sinne des Menschen. Von Prof. Dr. J. K. Kreibig. 2. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)

Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdoz. Dr. med. G. Abelsdorff. Mit 15 Abb. (Bd. 149.)

Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. P. H. Gerber. 2. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)

Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. W. Schumburg. Mit 4 Abb. u. 1 Tafel. (Bd. 251.)

Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. W. Schumburg. Mit 1 Tafel u. 8 Fig. (Bd. 47.)

Die krankheiterregenden Bakterien. Von Privatdoz. Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. B. Leick. (Bd. 152.)

Gesundheitslehre für Frauen. Von weil. Privatdoz. Dr. R. Stieher. Mit 13 Abb. (Bd. 171.)

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. W. Kaupe. Mit 17 Abb. (Bd. 154.)

Der Alkoholismus. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. (Bd. 103.)

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. Neu bearb. von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abb. (Bd. 13.)

Naturwissenschaften. Mathematik.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. F. Auerbach. 3. Aufl. Mit 79 Fig. (Bd. 40.)

Die Lehre von der Energie. Von Dr. A. Stein. Mit 13 Fig. (Bd. 257.)

Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. G. Mie. 3. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 58.)

Die großen Physiker und ihre Leistungen. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abb. (Bd. 324.)

Werdegang der modernen Physik. Von Dr. H. Keller. (Bd. 343.)

Das Licht und die Farben. Von Prof. Dr. L. Graetz. 3. Aufl. Mit 117 Abb. (Bd. 17.)

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Prof. Dr. R. Börnstein u. Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Aufl. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

Die optischen Instrumente. Von Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. (Bd. 88.)

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abb. (Bd. 284.)

Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abb. (Bd. 35.)

Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Prof. Th. Hartwig. Mit 40 Abb. u. 19 Taf. (Bd. 135.)

Die Lehre von der Wärme. Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit 33 Abb. (Bd. 172.)

Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abb. (Bd. 5.)

Das Wasser. Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Fig. (Bd. 187.)

Die Erscheinungen des Lebens. Von Privatdoz. Dr. H. Miehe. Mit 40 Fig. (Bd. 130.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. R. Hesse. 3. Aufl. Mit 37 Fig. (Fig. 39.)

Experimentelle Biologie. Von Dr. C. Thesing. Mit Abb. 2 Bde. Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 336.) Band II: Regeneration, Selbstverstümmelung und Transplantation. (Bd. 337.)

Einführung in die Biochemie. Von Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 352.)

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. E. Teichmann. Mit 7 Abb. u. 4 Doppeltaf. (Bd. 70.)

Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Prof. Dr. P. Eisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 178.)

Digitized by Google

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Prof. Dr. E. Küster. Mit 38 Abb. (Bd. 112.)

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Von Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Fig. (Bd. 10.)

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Dr. A. Wagner. Mit Abb. (Bd. 344.)

Der deutsche Wald. Von Prof. Dr. H. Hausrath. Mit 15 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 153.)

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit 54 Abb. (Bd. 334.)

Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthenner. (Bd. 332.)

Der Obstbau. Von Dr. E. Voges. Mit 13 Abb. (Bd. 107.)

Unsere Blumen und Pflanzen in Haus und Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer I. Pflanzen des Hauses. (Bd. 359.)

Kolonialbotanik. Von Privatdoz. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)

Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgerschullehrer E. Neukauf. Mit 100 Abb. (Bd. 181.)

Die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Von Privatdoz. Dr. R. Goldschmidt. Mit 39 Abb. (Bd. 160.)

Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. K. Eckstein. 2. Aufl. Mit 51 Fig. (Bd. 18.)

Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdoz. Dr. K. Hennings. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. C. Keller. Mit 28 Fig. (Bd. 252.)

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Privatdoz. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)

Deutsches Vogelleben. Von Prof. Dr. A. Voigt. (Bd. 221.)

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. R. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Karten u. Abb. (Bd. 139.)

Die Bakterien. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. Mit 13 Abb. (Bd. 233.)

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Fr. Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)

Die Ameisen. Von Dr. Fr. Knauer. Mit 61 Fig. (Bd. 94.)

Das Süßwasser-Plankton. Von Dr. O. Zacharias. 2. Aufl. Mit 49 Abb. (Bd. 156.)

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. O. Janson. 2. Aufl. Mit 41 Fig. (Bd. 30.)

Das Aquarium. Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

Wind und Wetter. Von Prof. Dr. L. Weber. 2. Aufl. Mit 28 Fig. u. 3 Tafeln. (Bd. 55.)

Gut und schlecht Wetter. Von Dr. R. Hennig. (Bd. 349.)

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Aufl. Mit 26 Fig. (Bd. 24.)

Entstehung der Welt und der Erde, nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. D. M. B. Weinstein. (Bd. 223.)

Aus der Vorzeit der Erde. Von Prof. Dr. Fr. Frech. In 6 Bdn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.) Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abb. (Bd. 207.) Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abb. (Bd. 208.) Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abb. (Bd. 209.) Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Abb. (Bd. 210.) Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.) Band VI: Gletscher und Hochgebirge. (Bd. 61.)

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Mit 24 Abb. (Bd. 110.)

Probleme der modernen Astronomie. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 355.)

Die Sonne. Von Dr. A. Krause. (Bd. 357.)

Der Mond. Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 31 Abb. (Bd. 90.)

Die Planeten. Von Prof. Dr. B. Peter. Mit 18 Fig. (Bd. 240.)

Digitized by Google

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. In 2 Bdn. Mit zahlr. Fig. (Bd. 120. 205.) I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades 2. Aufl. Mit 9 Fig. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. Mit 21 Fig. (Bd. 205.)

Praktische Mathematik. Von Dr. R. Neuendorff. Mit 69 Fig. (Bd. 341.)

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. Mit 99 Fig. (Bd. 340.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)

Mathematische Spiele. Von Dr. W. Ahrens. 2. Aufl. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 43 Darst. von Übungsspielen. (Bd. 281.)

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am sausenden Webstuhl der Zeit. Von Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl.) Mit 16 Abb. (Bd. 23.)

Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat K. Merckel. Mit 43 Abb. (Bd. 60.)

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat K. Merckel. 2. Aufl. Mit 55 Abb. (Bd. 28.)

Der Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)

Das Eisenhüttenwesen. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 3. Aufl. Mit 15 Fig. (Bd. 20.)

Die Metalle. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. Aufl. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)

Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 3 Bde. (Bd. 303/305.) Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. (Bd. 303.) Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 304.) Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 305.)

Maschinenelemente. Von Prof. R. Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

Dampf und Dampfmaschine. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 63.)

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 33 Abb. (Bd. 21.)

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 48 Abb. (Bd. 86.)

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. Mit 73 Fig. (Bd. 228.)

Landwirtsch. Maschinenkunde. Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

Die Spinnerei. Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Prof. Dr. Fr. Hahn. Mit zahlr. Abb. (Bd. 71.)

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. E. Biebermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)

Die Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)

Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. K. Blau. 2. Aufl. Mit 83 Abb. (Bd. 166.)

Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. R. Blochmann. Mit 128 Abb. (Bd. 168.)

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)

Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)

Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustr. (Bd. 167.)

Nautik. Von Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)

Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. W. Brüsch. Mit 155 Abb. (Bd. 108.)

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel. Von Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 348.)

Die Uhr. Von Reg.-Baumeister a. D. H. Bock. Mit 47 Abb. (Bd. 216.)

Wie ein Buch entsteht. Von Prof. A. W. Unger. 2. Aufl. Mit 7 Taf. u. 26 Abb. (Bd. 175.)

Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 16 Fig. (Bd. 264.)

Bilder aus der chemischen Technik. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)

Der Luftstickstoff und seine Verwertung. Von Prof. Dr. K. Kaiser. Mit 13 Abb. (Bd. 313.)

Agrikulturchemie. Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abb. (Bd. 314.)

Die Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)

Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Prof. Dr. R. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)

Photochemie. Von Prof. Dr. E. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Die Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. (Bd. 358.)

Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Bongardt. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 125. 126.)
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.) II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 126.)

Chemie in Küche und Haus. Von weil. Prof. Dr. E. Abel. 2. Aufl. von Dr. J. Klein. Mit 1 Doppeltafel. (Bd. 76.)

Die Kultur der Gegenwart

ihre Entwicklung und ihre Ziele

Herausgegeben von Professor **Paul Hinneberg**

Von Teil I und II sind erschienen:

Teil I, Abt. 1: **Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** Bearb. von W. Lexis, Fr. Paulsen, G. Schöppa, G. Kerschensteiner, A. Matthias, H. Gaudig, W. v. Dyck, E. Pallat, E. Kraepelin, J. Lessing, O. N. Witt, P. Schlenther, G. Göhler, K. Bücher, R. Pietschmann, F. Milkau, H. Diels. (XV u. 671 S.) Lex. 8. 1906. Geh. M. 16.—, in Leinwand geb. M. 18.—

„Die berufensten Fachleute reden über ihr Spezialgebiet in künstlerisch so hochstehender, dabei dem Denkenden so leicht zugehender Sprache, zudem mit einer solchen Konzentration der Gedanken, daß Seite für Seite nicht nur hohen künstlerischen Genuß verschafft, sondern einen Einblick in die Einzelgebiete verstattet, der an Intensität kaum von einem anderen Werke übertroffen werden könnte. **(Nationalzeitung, Basel.)**

Teil I, Abt. 3, 1: **Die orientalischen Religionen.** Bearb. von: E. Lehmann, A. Erman, C. Bezold, H. Oldenberg, J. Goldziher, A. Grünwedel, J. J. M. de Groot, K. Florenz, H. Haas, (VII u. 267 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—.

„Auch dieser Band des gelehrten Werkes ist zu inhaltvoll und zu vielseitig, um auf kurzem Raum gewürdigt werden zu können. Auch er kommt den Interessen des bildungsbedürftigen Publikums und der Gelehrtenwelt in gleichem Maße entgegen.... Wahr ist es, daß der Versuch, so junge Wissensgebiete wie die hier bearbeiteten zu popularisieren, insofern gefährlich bleiben muß, als die Subjektivität des Autors, der in diesem Falle einem Laienpublikum gegenübersteht, sich nur allzu leicht eine schrankenlose Herrschaft sichern kann, wodurch Fehler und Einseitigkeiten in die weitesten Kreise einzudringen vermögen. Der Ton vornehmer Zurückhaltung, der unser Buch durchweht, mildert indes diese Gefahr, und die regelmäßigen Verweise auf fremde Leistungen (Literaturangabe) drängen sie weiter zurück. Schließ ich bürgt die Zahl und der Klang der Namen aller beteiligten Autoren dafür, daß ein jeder nur vom Besten das Beste zu geben bemüht war.“ **(Berliner Tageblatt.)**

Digitized by Google

Die Kultur der Gegenwart

Teil I, Abt. 4, I: **Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: Die israelitisch-jüdische Religion. Bearbeitet von: J. Wellhausen, A. Jülicher, A. Harnack, N. Bonwetsch, K. Müller, A. Ehrhard, E. Troeltsch. 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. (X u. 792 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

Teil I, Abt. 4, II: **Systematische christliche Religion.** Bearbeitet von E. Troeltsch, J. Pohle, J. Mausbach, C. Krieg, W. Herrmann, R. Seeberg, W. Faber, H. J. Holtzmann. 2., verb. Auflage. (VIII u. 279 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 6.60, in Leinwand geb. M. 8.—

„... Die Arbeiten des ersten Teiles sind sämtlich, dafür bürgt schon der Name der Verfasser, ersten Ranges; und da die Autoren und ihre Ideen mehr oder weniger bekannt sind, braucht nicht weiter darüber referiert zu werden. Am meisten Aufsehen zu machen verspricht Troeltsch, Aufriß der Geschichte des Protestantismus und seiner Bedeutung für die moderne Kultur. ... Alles in allem, der vorliegende Band legt Zeugnis ab dafür, welche bedeutende Rolle für die Kultur der Gegenwart Christentum und Religion spielen." (Zeitschrift für Kirchengeschichte.)

Teil I, Abt. 5: **Allgemeine Geschichte der Philosophie.** Bearbeitet v.: W. Wundt, H. Oldenberg, J. Goldziher, W. Grube, T. Inouye, H. v. Arnim, Cl. Baeumker, W. Windelband. (VIII u. 572 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 12.—, in Leinw. geb. M. 14.—.

„... Man wird nicht leicht ein Buch finden, das, wie die ‚Allgemeine Geschichte der Philosophie' von einem gleich hohen überblickenden und umfassenden Standpunkt aus, mit gleicher Klarheit und Tiefe und dabei in fesselnder Darstellung eine Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bei den primitiven Völkern bis in die Gegenwart und damit eine Geschichte des geistigen Lebens überhaupt gibt." (Zeitschrift f. lateinl. höh. Schulen.)

Teil I, Abt. 6: **Systematische Philosophie.** Bearbeitet von: W. Dilthey, A. Riehl, W. Wundt, W. Ostwald, H. Ebbinghaus, R. Eucken, Fr. Paulsen, W. Münch, Th. Lipps. 2. Aufl. (X u. 435 S.) Lex. 8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„Hinter dem Rücken jedes der philosophischen Forscher steht Kant, wie er die Welt in ihrer Totalität dachte und erlebte; der „neukantische", rationalisierte Kant scheint in den Hintergrund treten zu wollen, und in manchen Köpfen geht bereits das Licht des gesamten Weltlebens auf. Erfreulicher Weise ringt sich die Ansicht durch, Philosophie sei und biete etwas anderes als die Einzelwissenschaften, und das sog. unmittelbare Leben und der positive Gehalt der Philosophie selbst müssen in der transzendenten Realität oder wenigstens in der transzendentalen, auf methodischem Wege gewonnenen Struktur der einzelnen Weltinhalte und Verhaltungsformen aufgesucht werden." (Archiv für systematische Philosophie.)

Teil I, Abt. 7: **Die orientalischen Literaturen.** Bearbeitet von: E. Schmidt, A. Erman, C. Bezold, H. Gunkel, Th. Nöldeke, M. J. de Goeje, R. Pischel, K. Geldner, P. Horn, F. N. Fink, W. Grube, K. Florenz. (IX u. 419 S.) Lex. 8. 1906. Geh. M. 10.—, in Leinw. geb. M. 12.—

„... So bildet dieser Band durch die Klarheit und Übersichtlichkeit der Anlage, Knappheit der Darstellung, Schönheit der Sprache ein in hohem Grade geeignetes Hilfsmittel zur Einführung in das Schrifttum der östlichen Völker, die gerade in den letzten Jahrzehnten unser Interesse auf sich gelenkt haben." (Leipziger Zeitung.)

Teil I, Abt. 8: **Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.** Bearbeitet von: U. v. Wilamowitz-Moellendorff, K. Krumbacher. J. Wackernagel, Fr. Leo, E. Norden, F. Skutsch. 2. Auflage. (VIII u. 494 S.) Lex. 8. 1907. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„Das sei allen sechs Beiträgen nachgerühmt, daß sie sich dem Zwecke des Gesamtwerkes in geradezu bewundernswerter Weise angepaßt haben: immer wieder wird des Lesers Blick auf die großen Zusammenhänge hingelenkt, die zwischen der klassischen Literatur und Sprache und unserer Kultur bestehen. Möge das Werk an seinem Teil dazu beitragen, die neuerdings oft verkannte Bedeutung dieser Grundlage unserer Kultur wieder in weitesten Kreisen zur Geltung zu bringen." (Byzant. Zeitschrift.)

Digitized by Google

Die Kultur der Gegenwart

Teil I, Abt. 9: **Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen.** Bearbeitet von: V. v. Jagić, A. Wesselovsky, A. Brückner, J. Máchal, M. Murko, A. Thumb, Fr. Riedl, E. Setälä, G. Suits, A. Bezzenberger, E. Wolter. (VIII u. 396 S.) Lex. 8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„. . . Eingeleitet wird der Band mit einer ausgezeichneten Arbeit von Jagićs über ‚Die slawischen Sprachen'. Für den keiner slawischen Sprache kundigen Leser ist diese Einführung sehr wichtig. Ihr folgt eine Monographie der russischen Literatur aus der Feder des geistvollen Wesselovsky. Die südslawischen Literaturen von Murko sind hier in deutscher Sprache wohl erstmals zusammenfassend behandelt worden. Mit Wolters Abriß der lettischen Literatur schließt der verdienstvolle Band, der jedem unentbehrlich sein wird, der sich mit dem einschlägigen Schrifttum bekannt machen will." **(Berliner Lokal-Anzeiger.)**

Teil I, Abt. 11, 1: **Die romanischen Literaturen und Sprachen** mit Einschluß des Keltischen. Bearbeitet von: H. Zimmer, K. Meyer, L. Chr. Stern, H. Morf, W. Meyer-Lübke. (VIII u. 499 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 12.—, in Leinw. geb. M. 14.—

„Auch ein kühler Beurteiler wird diese Arbeit als ein Ereignis bezeichnen. . . . Die Darstellung ist derart durchgearbeitet, daß sie in vielen Fällen auch der wissenschaftlichen Forschung als Grundlage dienen kann." **(Jahrbuch für Zeit- u. Kulturgeschichte.)**

Teil II, Abt. 4, 1: **Staat und Gesellschaft der Griechen u. Römer.** (VI u. 280 S.) Lex.-8. 1910. Geh. M. 8.—, in Leinwand geb. M. 10.—

„Ich habe noch keine Schrift von Wilamowitz gelesen, die im prinzipiellen den Leser so selten zum Widerspruch herausforderte wie diese. Dabei eine grandiose Arbeitsleistung und des Neuen und Geistreichen sehr vieles. . . . Neben dem glänzenden Stil von Wilamowitz hat die schlichte Darstellung der Römerwelt durch B. Niese einen schweren Stand, den sie aber ehrenvoll behauptet. . . . **(Südwestdeutsche Schulblätter.)**

Teil II, Abt. 5, 1: **Staat und Gesellschaft der neueren Zeit** (bis zur französischen Revolution). Bearbeitet von F. v. Bezold, E. Gothein, R. Koser. (VI u. 349 S.) Lex.-8. 1908. Geheftet M. 9.—, in Leinwand geb. M. 11.—

„Wenn drei Historiker von solchem Range wie Bezold, Gothein und Koser sich dergestalt, daß jeder sein eigenstes Spezialgebiet bearbeitet, in die Behandlung eines Themas teilen, dürfen wir sicher sein, daß das Ergebnis vortrefflich ist. Dieser Band rechtfertigt solche Erwartung." **(Literarisches Zentralblatt.)**

Teil II, Abt. 8: **Systematische Rechtswissenschaft.** Bearbeitet von: R. Stammler, R. Sohm, K. Gareis, V. Ehrenberg, L. v. Bar, L. Seuffert, F. v. Liszt, W. Kahl, P. Laband, G. Anschütz, E. Bernatzik, F. v. Martitz. (X, LX u. 526 S.) Lex.-8. 1906. Geheftet M. 14.—, in Leinwand geb. M. 16.—

„. . . Als Vorzug aller Verfasser kann knappe, dabei aber erschöpfende und vor allem leicht verständliche Darstellung des Stoffs hervorgehoben werden. Es ist daher jedem Gebildeten, welcher das Bedürfnis empfindet, sich zusammenfassend über den gegenwärtigen Stand unserer Rechtswissenschaft im Verhältnis zur gesamten Kultur zu orientieren, die Anschaffung des Werkes warm zu empfehlen." **(Blätter f. Genossenschaftswesen.)**

Teil II, Abt. 10, 1: **Allgemeine Volkswirtschaftslehre.** Von W. Lexis. (VI u. 259 S.) Lex.-8. 1910. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—

„. . . Ausgezeichnet durch Klarheit und Kürze der Definitionen, wird die ‚Allgemeine Volkswirtschaftslehre' von Lexis sicher zu einem der beliebtesten Einführungsbücher in die Volkswirtschaftslehre werden. Eine zum selbständigen Studium der Volkswirtschaftstheorie völlig ausreichende, den Leser zum starken Nachdenken anregende Schrift. . . . Das Werk können wir allen volkswirtschaftlich-theoretisch interessierten Lesern warm empfehlen." **(Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie.)**

Probeheft und Sonderprospekte umsonst und postfrei vom Verlag B. G. Teubner in Leipzig.

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Dr. R. Hesse und **Dr. F. Doflein**

Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin

Professor a. d. Universität u. II. Direktor der Zoolog. Staatssammlung München

Tierbau und Tierleben

in ihrem Zusammenhang betrachtet

2 Bände. Lex.-8.

Mit Abbildungen und Tafeln in Schwarz-, Bunt- und Lichtdruck.

In Original-Ganzleinen geb. je M. 20.—,
in Original-Halbfranz je M. 22.—

I. Band: **Der Tierkörper als selbständiger Organismus.** Von R. Hesse. Mit 480 Abbildungen und 15 Tafeln. [XVII u. 789 S.] 1910.

II. Band: **Das Tier als Glied des Naturganzen.** Von F. Doflein. [Erscheint im Sommer 1911.]

Aus den Besprechungen:

„Auf die Frage, für wen das Buch bestimmt ist, kann ich nur antworten: Für jeden, der sich etwas eingehender mit Zoologie beschäftigt hat, oder der sich in das interessante Gebiet ernstlich vertiefen will. Wegen der Bedeutung, die es als Quellenwerk für den Unterricht besitzt, dürfte es besonders den Lehrerbibliotheken zur Anschaffung dringend empfohlen werden."

(Prof. Dr. Schmeil in der „Deutschen Schule".)

„Das Werk steht in der gesamten biologischen Literatur einzig da. Der Verfasser hat es verstanden, die an Umfang gewaltige Materie zu einem wohlgeordneten, leicht verständlichen Ganzen zusammenzufassen, an dessen Lektüre sich jeder heranwagen darf, der über ein gutes Schulwissen einer höheren Lehranstalt verfügt. Die Meisterschaft in der Darstellungsweise des Verfassers zeigt sich nicht nur in der überzeugenden Klarheit, sondern vor allem in der Wahrung großer Gesichtspunkte, die überall lebhaft in den Vordergrund treten. Alles Bedeutsame, was die moderne Zoologie an Forschungsergebnissen in der Anatomie der Bildungsgeschichte, der reinen Biologie zu verzeichnen hat, ist in ausreichender Weise berücksichtigt. Das Bildermaterial verdient gleichfalls unbedingte Anerkennung. Vornehmlich den Lehrern der Biologie sei das Werk empfohlen." (Monatsschrift f. d. element. naturwissensch. Unterricht.)

„Ein Werk, das freudiges Aufsehen erregen muß... Nicht im Sinne der landläufigen populär-wissenschaftlichen Bücher und Schriften, sondern wie ein Lehrer, der den Naturfreund ohne aufdringliche Gelehrsamkeit, aber doch in durchaus wissenschaftlichem Ernste behandelt, so wirkt Hesse in diesem Buch, das nicht warm genug empfohlen werden kann. Es wird mit seinen zahlreichen durchweg neuen Illustrationen, mit seinen vielen, auch den gebildeten Laien noch unbekannten Einzelforschungen und Aufschlüssen moderner Wissenschaft zu einem Buche werden müssen, das überall neben dem Brehm stehen soll. Auch in Hesses Werk liest man gern und mit gespannter Aufmerksamkeit, und dringt dabei auf leicht gemachtem Wege unter Hesses gelehrter Führung zu Kenntnissen über das Warum und Wie des tierischen Lebens, die fortgesetzt Freude machen und zu neuem Lesen anspornen... Die Ausstattung ist vorzüglich." (Hamburger Fremdenblatt.)

RETURN TO ⟶ **CIRCULATION DEPARTMENT**
202 Main Library

LOAN PERIOD 1 **HOME USE**	2	3
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
Renewals and Recharges may be made 4 days prior to the due date.
Books may be Renewed by calling 642-3405.

DUE AS STAMPED BELOW

JAN 25 1992
SENT ON ILL
FEB 10 2003
May 5
U. C. BERKELEY
AUTO DISC MAY 92
SENT ON ILL
JUL 30 '96
FEB 20 2003
U. C. BERKELEY
RECEIVED
MAY 07 1996
CIRCULATION DEPT.

FORM NO. DD6
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
BERKELEY, CA 94720

Das Format 70×55 von M. 4.— bis M. 12.—, das Format 41×30 von M. 1.75 bis M. 4.50.

Digitized by Google

YB 64031

Urteile über B. G. Teubners farbige Künstler-Steinzeichnung

„.... Doch wird man auch aus dieser nur einen beschränkten Teil d handenen Bilder umfassenden Aufzählung den Reichtum des Dargebotenen e Indessen es genügt nicht, daß die Bilder da sind, sie müssen auch gekauft werd müssen vor allen Dingen an die richtige Stelle gebracht werden. Für öffentli bäude und Schulen sollte das nicht schwer halten. Wenn Lehrer und Geistliche werden sie die Mittel für einige solche Bilder schon überwiesen bekommen. Dan man sich vor allen Dingen in privaten Kreisen solche Bilder als willkommene G zu Weihnachten, zu Geburtstagen, Hochzeitsfesten und allen derartigen G heiten merken. Eine derartige Lithographie ist ein Geschenk, das auc verwöhntesten Geschmack befriedigt. An den Blättern erhält man fü Ausgabe, die auch dem bescheidensten Geldbeutel erschwinglich ist, ein da wertvolles Geschenk." (Türmer-Jahr

L. Hosse: Ernte. 100×70 cm. M. 6.—

Verkleinerte farbige Wiedergabe der Original-Lithographie.

„Von den Bilderunternehmungen der letzten Jahre, die der neuen 'ästhetischen Bewegung' entsprungen sind, begrüßen wir eins mit ganz ungetrübter Freude: den 'künstlerischen Wandschmuck für Schule und Haus', den die Firma B. G. Teubner in Leipzig herausgibt. ... Wir haben hier wirklich einmal ein aus warmer Liebe zur guten Sache mit rechtem Verständnis in ehrlichem Bemühen geschaffenes Unternehmen vor uns — fördern wir es, ihm und uns zu Nutz, nach Kräften!" (Kunstwart.)

„Alt und jung war begeistert, geradezu glücklich über die Kraft malerischer Wirkungen, die hier für verhältnismäßig billigen Preis dargeboten wird. Endlich einmal etwas, was dem öden Oldruckbilde gewöhnlicher Art mit Erfolg gegenübertreten kann." (Die Hilfe.)

„... Es ist unseres Erachtens wertvoller, an dieser originalen Kunst sehen zu lernen, als an vielen hundert mittelmäßigen Reproduktionen das Auge zu verbilden und totes Wissen zu lernen, statt lebendige Kunst mitzuerleben." (Illustrierte Zeitung.)

Illustrierter K[illegible]igen Abbildungen

Einsendung von 3[illegible]dem Text gegen [illegible]nig) vom Verlag B. G. T[illegible]ge 3/5.

Digitized by Google

Digitized by Google